

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В.Гондлях**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки *133 – Галузеве машинобудування*

на тему: Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика

---

---

---

**Студент групи IV к. ЛП-61-1**

(шифр групи)

\_\_\_\_\_ **Савенок Владислав Вікторович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

**Керівник проекту:** \_\_\_\_\_ **д.т.н., проф. Карвацький А.Я.**

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Консультанти**

---

**ТЕХ. МАШ.** \_\_\_\_\_ **ст.викл. Борщик С.О.**

**ПЕРЕВІРКА НА СХОЖІСТЬ** \_\_\_\_\_ **д.т.н., проф. Щербина В.Ю.**

**РЕЦЕНЗЕНТ** \_\_\_\_\_ **доцент, к.т.н., доц. Коржик М.В.**

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_ **Савенок В.В.**

(підпис)

Київ 2020 рік



**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування - Інжиніринг, обладнання та технології виробництв полімерних та будівельних матеріалів і виробів.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В.Гондлях**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Савенку Владиславу Вікторовичу**

1. Тема проекту «Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика», керівник проекту Карвацький Антон Янович доктор технічних наук, професор, затверджені наказом по університету від 25.05.2020 р. № 1145-с
2. Термін подання студентом проекту 11.06.2020 р.
3. Вихідні дані до проекту: об'єкт розробки – млин маятниковий; габаритні розміри: довжина –  $L=4,225$  м; ширина –  $S=3,020$  м; висота –  $H=4,544$  м; маса млина –  $M=10400$  кг; кількість маятників –  $z=4$ ; діаметр ролика –  $d=0,35$  м; продуктивність млина  $Q=10$  т/год; матеріал, що подрібнюється – сульфат натрію; насипна густина матеріалу -  $\rho_{\text{нас}}=1700$  кг/м<sup>3</sup>; середній розмір шматка матеріалу -  $D_{\text{сер}}=0,25$  м; коефіцієнт тертя ролика по матеріалу -  $f=0,3$ ; ступінь подрібнювання –  $i=35$ .
4. Зміст пояснювальної записки: Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування млина маятникового; 2 Технічні характеристики млина маятникового; 3 Опис конструкції та призначення млина маятникового; 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації; 5 Охорона праці та навколишнього середовища; 6 Очікувані механіко-економічні показники; Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників)

1. Технологічна схема А1; 2. Загальний вигляд машини А1; 3. Вузли та деталі машини А2; 4. Плакат з розрахунками на міцність

#### 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Тех. машино будув.	Борщик С.О.		
Перевірка на схожість	Щербина В.Ю.		

Дата видачі завдання: 13.04.2020 р.


#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування.	13.04.2020	
2	Проходження переддипломної практики.	13.04-17.05.2020	
3	Патентно-літературний пошук для здійснення модернізації вузла ролика. Обґрунтування модернізації.	20-23.04.2020	
4	Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.	24-28.04.2020	
5	Підготовка розділу «Пояснювальна записка».	29.04-5.05.2020	
6	Виконання порівняльних розрахунків НДС вузла ролика з використанням програмних продуктів ANSYS.	5-15.05.2020	
7	Підготовка розділу «Розрахунки».	16.05.2020	
8	Підготовка розділу «Технологія машинобудування».	17-22.05.2020	
9	Робота над кресленнями з використанням САД-системах .	23.-5-3.06.2020	
10	Захист дипломного проекту.	15.06.2020	

Студент

 В.В.Савенок

Керівник проекту

 А.Я.Карвацький

## **Зміст дипломного проекту**

Реферат (укр.) .....	1
Реферат (англ.).....	1
Перелік позначень .....	2
Пояснювальна записка .....	22
Розрахунки .....	13
Технологія машинобудування .....	17
Загальні висновки .....	2
Перелік посилань .....	2
Додатки .....	4

## Реферат

Бакалаврський дипломний проект на тему «Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика», що в повному обсязі складається з пояснювальної записки та графічної частини: 72 с., 22 рисунків, 2 таблиць, 2 додатків, 20 джерел; 4 креслень, 1 плакат.

Об'єкт проектування - млин маятниковий з модернізацією вузла ролика.

Мета роботи: розробка та проектування згідно технічному завданню млина маятникового для збільшення міцності ролика, для зменшення затрати на процес помелу; здійснення модернізації вузла ролика.

У дипломному проекті розглянуто принцип роботи та конструкцію млина маятникового, який використовується у технологічній лінії підготовки сульфату натрію. На основі аналізу технічних параметрів і характеристик роботи млина маятникового, виконано параметричний та кінематичний розрахунок і розрахунок ролика на міцність в системі ANSYS. Результати розрахунків підтверджують доцільність запропонованої модернізації.

Недолік базової конструкції млина маятникового у тому, що при помелі абразивних матеріалів поверхня роликів швидко зношується. З метою підвищення терміну служби ролика проведено літературно-патентний пошук та запропоновано модернізацію ролика, що полягає у наявності додаткових вставок для підвищення терміну служби ролика.

Ключові слова: МЛИН МАЯТНИКОВИЙ, РОЗМЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ, ПОМЕЛ, АБРАЗИВНІ МАТЕРІАЛИ, КЕРАМІЧНІ ВСТАВКИ, ПРОЕКТУВАННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ПАТЕНТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

## **Abstract**

Bachelor's thesis project on "Pendulum mill with the modernization of the roller assembly", which consists in full of an explanatory note and a graphic part: 72 pages, 22 figures, 2 tables, 2 appendices, 20 sources; 4 drawings, 1 poster.

The object of design is a pendulum mill with modernization of the roller unit. Purpose: development and design according to the technical task of the pendulum mill to increase the strength of the roller, to reduce costs on the grinding process; implementation of the roller assembly modernization.

The diploma project considers the principle of operation and design of the pendulum mill, which is used in the technological line of preparation of sodium sulfate. Based on the analysis of technical parameters and characteristics of the pendulum mill, performed parametric and kinematic calculation and calculation of the roller for strength in the ANSYS system. The results of the calculations confirm the feasibility of the proposed modernization.

The disadvantage of the basic design of the pendulum mill is that when grinding abrasive materials, the surface of the rollers wears out quickly. In order to increase the service life of the video, a literary-patent search was conducted and the modernization of the video was proposed, which consists in the presence of additional inserts to increase the service life of the video.

**Keywords: PENDULUM MILL, GRINDING UNIT, GRINDING, ABRASIVE MATERIALS, CERAMIC INSERTS, DESIGN, MODERNIZATION, CALCULATION**

## Перелік позначень

Умовні позначення:

- діаметр кільця, м;
- $d$  - діаметр ролика, м;
- $F$  – вимушена сила, Н;
- $f$  - коефіцієнт тертя ролика по матеріалу;
- $H$  – висота млина маятникового, м;
- $h$  – висота шару матеріалу під роликом;
- $i$  - ступінь подрібнювання;
- $L$  – довжина млина маятникового, м;
- $l$  – ширина робочої частини ролика, м;
- $M$  - маса млина маятникового, кг;
- $N$  – сила тиску ролика на кільце, Н;
- $n$  – частота обертання, об/с;
- $P$  – сила притискання ролика;
- $Q$  - Продуктивність млина, т/год;
- відстань від осі обертання хрестовини до осі ролика, м;
- $S$  – ширина млина маятникового, м;
- $v$  – швидкість обертання ролика, м/с;
- $z$  – кількість маятників;
  
- $D_{\text{сер}}$  - середній розмір шматка матеріалу, м;
- $k_{\text{ц}}$  – кратність циркуляції;
- довжина ролика, м;
- $m_{\text{р}}$  – маса ролика, кг;
- $N_{\text{м}}$  – потужність млина маятникового, Вт;
- частота обертання валу млина, ;



- частота обертання ролика навколо своєї осі,  $\omega$  ;

- сила т опору руху ролика, Н;

- сила інерції ролика, м;

- сила тертя ковзання, Н;

- сила тертя кочення, Н;

$v_{ск}$  – швидкість ковзання ролика;

– кут захвату,  $^\circ$ ;

– ККД двигуна;

$\rho_{нас}$  - насипна густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

– коефіцієнт опору кочення ролика;

$[\sigma]$  – допустиме навантаження для сталі, Па;

$\omega$  – кутова швидкість ролика, рад/с.

Скорочення:

ІХФ – інженерно-хімічний факультет;




НДС – напружено-деформований стан.

**Пояснювальна записка  
до дипломного проекту  
на тему: «Млин маятниковий з модернізацією  
вузла ролика»**

Київ – 2020 рік

## ЗМІСТ

Вступ .....	2
1 Призначення і галузь застосування млина маятникового.....	3
1.1 Призначення млина маятникового.....	3
1.2 Застосування млина маятникового для підготовки сульфату натрію.....	3
2 Технічні характеристики млина маятникового.....	5
3 Опис конструкції та принцип дії млина маятникового.....	6
4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації .....	8
4.1 Літературно-патентний огляд.....	8
4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення ролика.....	13
5 Охорона праці та навколишнього середовища.....	14
6 Очікувані механіко-економічні показники .....	20
Висновки .....	21

					<i>ЛП61(1).012116.01-70ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика</i>		
<i>Розроб.</i>		Савенок В					
<i>Перевір.</i>		Карвацький А.Я.					
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		Гондлях О.В.					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
						1	
					<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i>		

## Вступ

Подрібнення є важливою операцією багатьох технологічних процесів. Для виконання цієї операції застосовують різні типи млинів залежно від характеристик матеріалу, що подрібнюється, розміру вихідного продукту та необхідної продуктивності.

Метою даного бакалаврського проекту є проектування та модернізація млина маятникового, який є важливою складовою процесів виготовлення будівельних матеріалів, у гірничорудній та хімічній промисловості.

Для досягнення поставленої мети проведено літературно-патентний пошук та обрано патент, що дозволяє оптимізувати процес помелу сульфату натрію, та розроблено нову конструкцію млина маятникового, яка повинна підвищити ефективність його роботи.

					ЛП61(1).012116.01–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Призначення і галузь застосування млина маятникового

## 1.1 Призначення млина маятникового

Млин маятниковий – машина безперервної дії для подрібнення, робочим органом якої є маятник, що здійснює обертові та зворотно-поступальні рухи.

Призначенням млина маятникового є тонкий помел м'яких порід малої та середньої міцності (глини, гіпсу, крейди, графіту) у хімічній, харчовій, гірничій та інших галузях промисловості. Млин маятниковий широко використовується в хімічній, будівельній та інших галузях промисловості. [1-2].

## 1.2 Застосування млина маятникового у технологічній лінії підготовки сульфату натрію

Сульфат натрію (натрієва сіль сульфатної кислоти,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) – широко застосовується у виробництві паперу, соди та у скляній промисловості.

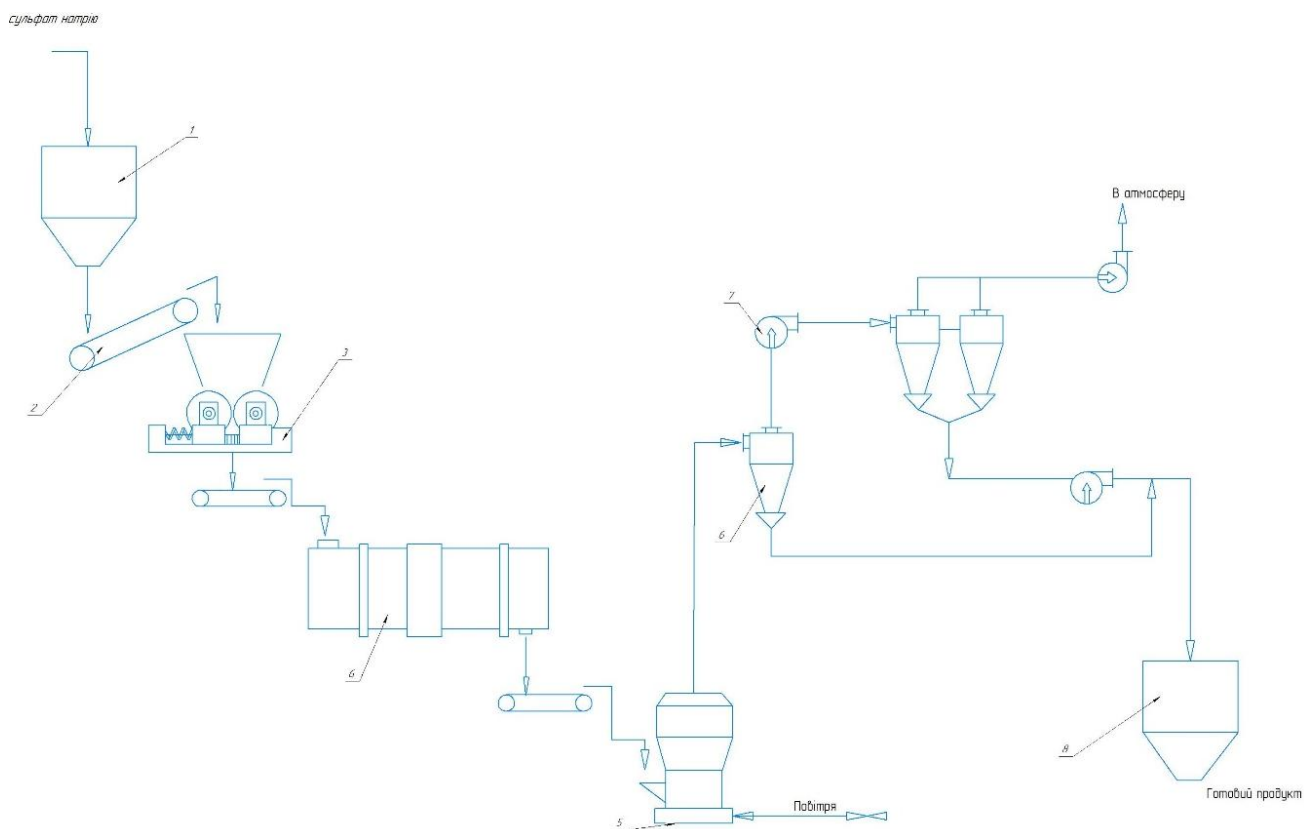
Технологічна лінія підготовки сульфату натрію для подальшого його використання наведено на рисунку 1.1.

Сульфат натрію поступає насипом зі складу і подається грейфером у приймальний бункер 1, а звідти стрічковим живильником 2 у валкову дробарку 3.

Подрібнений сульфат натрію транспортером та проміжним стрічковим конвеєром 2 транспортується в завантажувальний пристрій та в сушильний барабан 4, що працює при 700 °С.

Висушений сульфат натрію розмелюють в маятниковому млині 5. Потім він поступає на фільтрування у циклон 6 та пневмонасосом 7 подається в розхідний бункер 8 [4].

					ЛП61(1).012116.01–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – бункер; 2 – стрічковий живильник; 3 – валкова дробарка; 4 – сушильний барабан; 5 – маятниковий млин; 6 – циклон; 7 – пневмонасос; 8 – розхідний бункер.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема підготовки сульфату натрію

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Технічні характеристики млина маятникового

В таблиці 2.1 наведено основні характеристики млина маятникового та властивості матеріалу, що подрібнюється.

Таблиця 2.1 –Технічні характеристики млина маятникового

№	Параметр	Позначення	Одиниці	Значення
1	Насипна густина матеріалу	$\rho_{\text{нас}}$	кг/м <sup>3</sup>	1700
2	Середній розмір шматка	$D_{\text{сер}}$	м	0,025
3	Коефіцієнт тертя ролика по матеріалу	$f$	—	0,3
4	Ступінь подрібнювання	$i$	—	35
5	Продуктивність	$Q$	т/год	10
6	Габаритні розміри: — довжина; — ширина; — висота.	$L$ $S$ $H$	м м м	4,225 3,020 4,544
7	Маса млина	$M$	кг	10400
8	Кількість маятників	$z$	—	4
9	Діаметр ролика	$d$	м	0,35

### 3 Опис конструкції та принцип дії млина маятникового

Маятниковий млин, що зображений на рисунку 3.1 має таку конструкцію: на вертикальний вал 13 закріплено хрестовину 12, до якої підвішені чотири маятники 4. Всередині корпусу млина маятникового на підшипниках встановлений внутрішній стакан 2 у нижній конічній частині якого закріплено ролик 1. Будова маятника дає змогу внутрішньому стакану вільно переміщуватись поперек корпусу маятника. Під час обертання вертикального валу, під впливом відцентрової сили маятники розходяться, притискаючись своїми роликами до нерухомого розмельного кільця 23. Ролики подрібнюють матеріал, який проходить поперек корпусу вертикального валу . Вертикальний вал заважає потраплянню подрібнюваного матеріалу в підшипникові вузли 21.

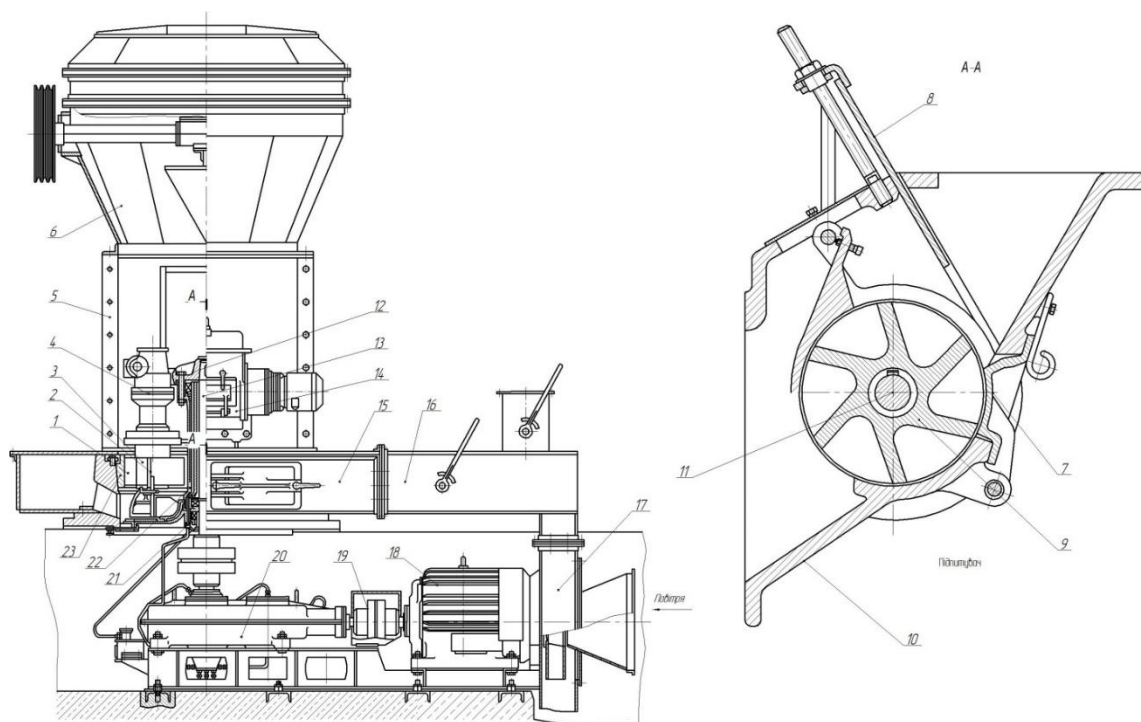
Для подачі матеріалу до розмельного вузла млина маятникового застосовано роторний живильник – дозатор 14, який складається з корпусу 10, шибера 8, ущільнювальних секторів 7, які шарнірно підвішені на корпусі 10 та мають фіксуючі пристрої, ротора-живильника 9, закріпленого на валу 11 за допомогою шпонки, а також індивідуального електродвигуна 18 з редуктором 20. На нерухомому розмельному кільці 23 встановлюється кільцевий колектор 15, з'єднаний трубопроводами 16 з відцентровим вентилятором 17. На верхній площині кільця 23 закріплений рознімний корпус 5 зварної конструкції, у верхній частині якого розміщений сепаратор 6.

Подрібнений матеріал потоком повітря, що надходить крізь кільцевий колектор 15 у корпус млина, підхvacується і виноситься у сепаратор 6. Сепаратор відділяє великі частини матеріалу, які знову випадають у млин, де й домелюються, а дрібний продукт транспортується до циклона, де осаджується та відводиться. Повітря крізь циклон частково спрямовується назад в розмельну камеру млина маятникового, а частково проходить через рукавний фільтр, очищується та потім виходить до атмосфери. Млин маятниковий

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



приводиться в рух електродвигуном 18 через редуктор 20 за допомогою пружних втулково-пальцевих муфт 19 [ 1].



- 1 – ролик; 2 – внутрішній стакан; 3 – корпус-стакан; 4 – маятник;  
 5 – рознімний корпус; 6 – сепаратор; 7 – ущільнювальні сектори; 8 – шибєр;  
 9 – ротор-живильник; 10 – корпус; 11 – вал; 12 – хрестовина;  
 13 – вертикальний вал; 14 – дозатор; 15 – кільцевий колектор;  
 16 – трубопровід; 17 – відцентровий вентилятор; 18 – індивідуальний  
 електродвигун; 19 – муфта; 20 – редуктор; 21 – підшипникові вузли;  
 22 – стакан; 23 – нерухоме розмельне кільце

Рисунок 3.1 – Загальний вид маятникового млина

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації

### 4.1 Літературно-патентний огляд

Мета проведення літературно – патентного пошуку - вибір технічного рішення та обґрунтування модернізації, яка забезпечить більш ефективне подрібнення та збільшення терміну служби існуючого обладнання.

В [1] наведено типову конструкцію млина маятникового, яку було взято за базову (рисунок 4.1). Млин маятниковий містить корпус у якому встановлений вертикальний вал з хрестовиною, на стрижнях якої за допомогою шарнірів підвішені маятники з роликами на їхніх нижніх кінцях, встановленими з можливістю взаємодії з внутрішньою поверхнею розмельного кільця, а також встановлений над хрестовиною сепаратор.

З метою вдосконалення ролика млина маятникового було здійснено патентний пошук для вирішення конструктивного рішення по удосконаленню пристрою регулювання маятника.

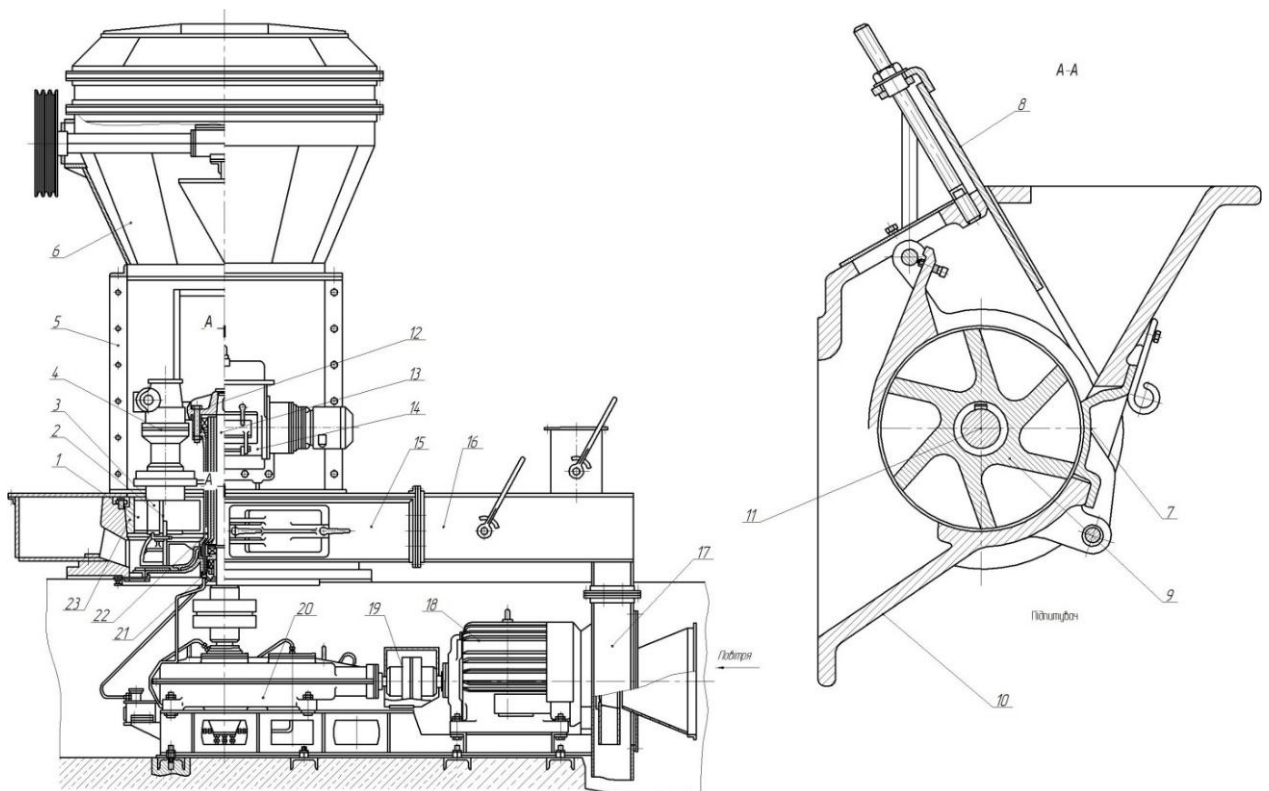


Рисунок 4.1 – Загальний вид млина маятникового

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розмельний вузол (рисунок 4.2) маятникового млина має недолік у тому, що інтенсивність та ефективність руйнування матеріалу можна досягати лише змінюванням кутової швидкості вертикального валу, що звужує технологічні можливості млина.

Для вирішення цього недоліку було здійснено пошук та розгляд 10 патентів.

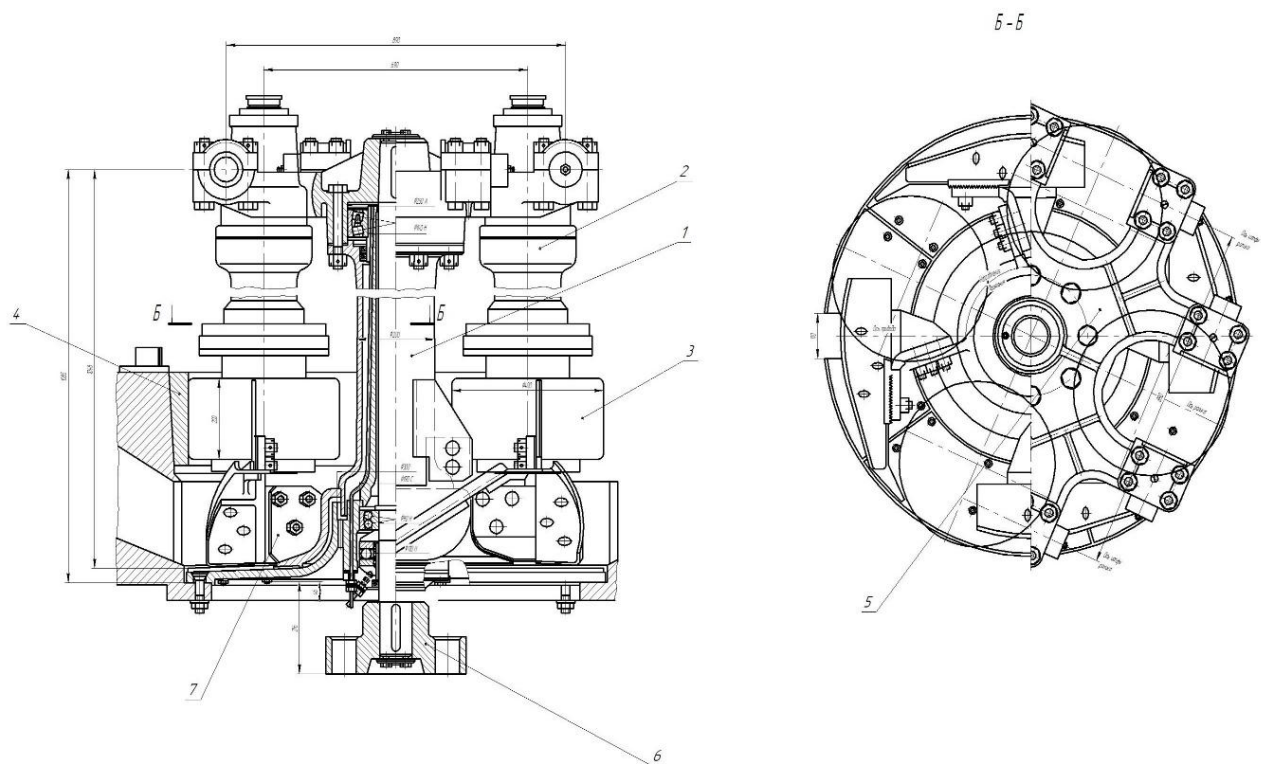


Рисунок 4.2 – Розмельний вузол млина маятникового

Результат літературно-патентного огляду наведено в таблиці 4.1 [5-14].

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Таблиця розглянутих патентів

№ з/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид та номер документу	Сутність технологічного рішення та ціль його створення
1	2	3	4
1	Маятниковий млин	B02C15/00 (2006.01); B02C4/30(2006.01); B22D19/06 (2006.01); B22D19/08 (2006.01) RU 2 673 191 C2	Вставки в поверхню ролика, що мають відношення об'єму до площі поверхні(V/ S) в інтервалі між 3 та 5см, переважно між 3,2 4,5 см
2	Маятниковий млин	B02C 15/08 UA127565U	Осі шківів клинопасової передачі розташовані вертикально, ведений шків закріплено безпосередньо на вертикальному валу.
3	Маятниковий млин	<u>B02C15/02;</u> <u>B02C23/22;</u> <u>B07B11/06;</u> <u>B07B7/083</u> (2018.08) <u>CN108435337 (A)</u>	Вхідний отвір млина маятникового – це отвір з регульованим об'ємом повітря, вентиляційний отвір з'єднаний з подачею матеріалу.
4	Маятниковий млин	B65G 53/00	У пристрої встановлені горизонтальний і нахилений повітропідвідні патрубки, через які в зону камери змішування підводяться два

					ЛП61(1).012116.01–70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

			взаємодіючих повітряних струмені, розташовані у горизонтальній та нахилений площинах.
5	Маятниковий млин	B02C15/00 (2006.01) B02C23/02 (2006.01) RU 2 609 258 C2	Жолоб подачі матеріалу розділений перегородками на два або більше канали, лотки виконані зі скосами, і жолоб прикріплений до першої торцевої стінки під гострим кутом до площини розподільного столу.
6	Маятниковий млин	B02C17/14; B02C17/24 (2015.03) CN104437766 (A)	Шліфувальний циліндр маятника виконаний на вигнутій основі, рейки якої зворотно-поступального руху, розвантажувальні пристрої закріплені на обох кінцях основи через підшипники та рухаються разом з шліфувальним циліндром.
7	Маятниковий млин	<u>B02C15/02</u> <u>US2011278386A1</u>	Приводний механізм млина маятникового вільно підвішений до нижньої стінки корпусу млина. Приводним механізмом є прямий привід, який має

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

			вихідний вал, ідентичний приводному валу. Монтажна пластина з'єднана з нижньою стінкою корпусу млина і є роз'ємною.
8	Маятниковий млин	<u>B02C15/02</u> US2011278386(A1)	Нижня стінка корпусу млина має замикаючі механізми, які в закритому положенні фіксують монтажну пластину.
9	Маятниковий млин	<u>B02C17/14</u> CN104437766 (A)	Пристрої подачі і вивантаження закріплені з обох кінців млина підшипниками та переміщуються разом з рухом ролика млина.
10	Ролик маятникового млина	US2016367995	Ролику надається посилення краю в якому є можливість змінювати крайові підсилення. Вставки виготовлені з відповідного твердого матеріалу і допускають знос замість периферійного краю самого ролика.

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення ролика

Ролик – елемент обладнання для дроблення, подрібнення або помелу матеріалів. За рахунок постійної взаємодії з абразивними матеріалами, його поверхня швидко зношується, що створює необхідність його заміни, а отже і зупинки обладнання для ремонту.

Обрана модернізація полягає в тому, що ролик містить додаткові вставки 2 з чавуну з високим вмістом хрому, які вкладені в металеву матрицю 1 з ковкого чавуну або сталі. Вставки розташовані по всій довжині робочої поверхні ролика. Наявність керамічних вкладишів 3 додатково збільшує міцність поверхні. Наявність зв'язуючого елемента 4 між вставками дозволяє мінімізувати ширину щілин між вставками ролика, що покращує фіксацію вставки в матриці.

Використання такої конструкції ролика допомагає підвищити зносостійкість поверхні ролика, і тим самим зробити експлуатацію маятникового млина більш економічною.

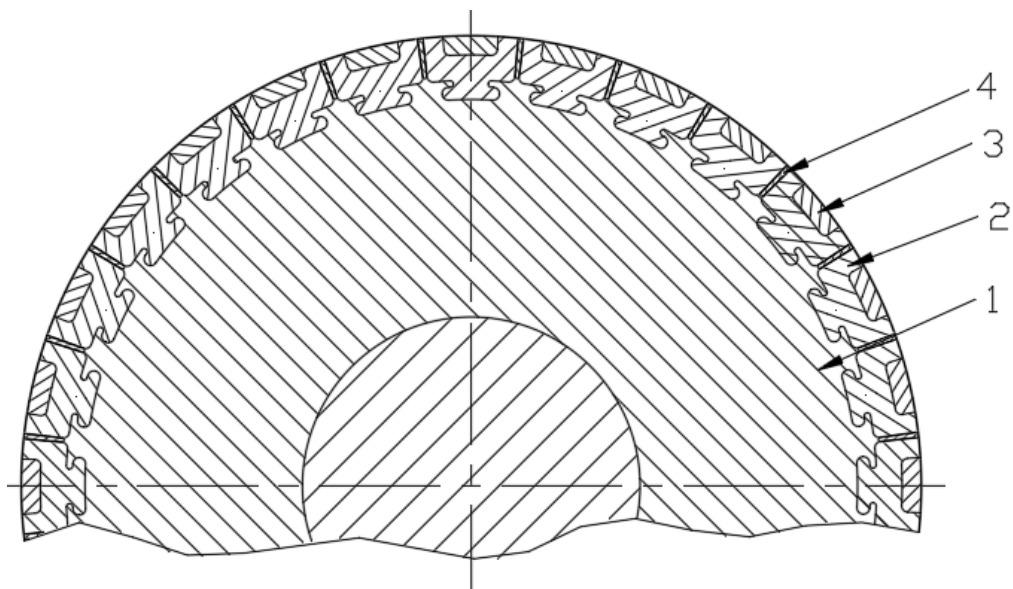


Рисунок 5.1 – Модернізація ролика

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Охорона праці та навколишнього середовища

Охорона праці є системою актів та законів, які охоплюють такі питання, як безпека праці, усунення факторів, що можуть призвести до травматизму, попередження можливих захворювань, аварійних випадків на виробництві, проблеми правової охорони праці.

Відповідно до теми проекту «Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика» при роботі лінії підготовки сульфату натрію розроблені заходи для забезпечення безпечних умов праці

Під час обслуговування обладнання оператор знаходиться в приміщенні у виробничому цеху площею  $S = 80 \text{ м}^2$  та об'ємом  $V = 520 \text{ м}^3$ . За даних умов шкідливими та небезпечними факторами є:

- повітря робочої зони;
- електробезпека;
- пожежна безпека;
- виробничий шум.

### 5.1 Повітря робочої зони

Робота оператора з обслуговування млина маятникового відноситься до категорії легких фізичних робіт. Енерговитрати однієї людини становлять 150 ккал/г (172 Дж/с ).

Згідно з категорією , середні оптимальні параметри метрологічних умов в робочій зоні млина маятникового по ДСН 3.3.6.042-99[15] складають:

В холодний період року:

- температура повітря – (22...25)С,
- відносна вологість – 40-60%,
- швидкість руху повітря – 0,1 м/с

В теплий період року:

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- температура повітря – (23...25)С,
- відносна вологість – 40-60%;
- швидкість руху повітря – 0,1 м/с.

Метеорологічні параметри приміщення забезпечуються проточною витяжною вентиляцією в теплий період року та опаленням центральним – у холодний період року і відповідають ДСН 3.3.6.042-99 [6].

Приміщення, де встановлений млин маятниковий, повинне бути забезпеченим пиловловлюючими апаратами, що дозволять повертати значну кількість готового продукту, але і запобігти забрудненню пилом повітряного басейну заводу та прилеглих до нього територій. Перед викидом в атмосферу, повітря повинне очищуватися для зниження у ньому вмісту пилу до установлених законом санітарних норм.

В цеху помелу санітарні норми запиленості виконуються за допомогою розвиненої системи аспірації живильників, місця завантаження та вивантаження, транспортування і помольного обладнання, надійними ущільнювачами з'єднань проводів з матеріалом і газоходів. Пил з висотних майданчиків збирають за допомогою спеціальних спускних труб, що з'єднані герметичним шляхом з бункерами [16].

## 5.2 Електробезпека

Виробниче приміщення, де розташований пункт керування млином маятниковим, згідно з діючими правилами ПУЕ відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою враження людей електричним струмом. Для живлення млина маятникового використовують трифазну напругу 220/380 В, частотою 50 Гц та ізольованою нейтраллю.

Причинами враження робочого персоналу можуть бути:

- неправильне ввімкнення установки;
- пошкодження корпусу;

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- порушення виробничої дисципліни;
- дотик до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- втрата ізоляційних властивостей ізоляції.

Основними засобами забезпечення електробезпеки є ізолювання, захисне розділення електричних мереж, блокування основних електровузлів та використання малої напруги.

Ізоляція повинна забезпечувати технічну працездатність електроустановки, зменшувати ймовірність потрапляння людини під дію електричного струму, забезпечувати змикання дротів на землю та корпус електроустановки, знижувати струм, що проходить крізь людину, яка дотикається до неізольованої частини в електроустановці.

Електромагнітні блоки безпеки вимикачів, заземлюючі ножі та роз'єднувачі використовують на розподільних пристроях для забезпечення послідовного ввімкнення і вимкнення обладнання.

Сумарний опір електроізоляції відносно землі та ємкісність струму замикання на землю залежні від довжини мереж та їх розгалуженості. При збільшенні цих параметрів сумарний опір ізоляції зменшується, а ємність, навпаки, збільшується. Поділ на окремі непов'язані між собою частини електромережі за допомогою трансформаторів, що мають коефіцієнт трансформації рівний одиниці, підвищує опір ізоляції та зменшує ємність і збільшує рівень електробезпеки.

Дійсні нормативні документи розділяють низьку напругу змінного струму на діапазони 12 та 42 В.

Напруга 12 В змінного струму застосовується для живлення переносних світильників в небезпечних умовах: металевих, бетонних, залізобетонних та інших ємностях, кабельних та інших енергетичних підземних комунікаціях, оглядових ямах, вентиляційних камерах, теплових пунктах тощо. Для живлення цих світильників перевагу віддають стаціонарним електромережам напругою до 12 В. Для підключення

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світильників розетки у таких мережах конструктивним чином відрізняються від розеток для більших діапазонів напруги. При недоцільному використанні стаціонарних мереж з напругою 12 В допускають застосування понижуючих трансформаторів.

Величиною при тривалому враженні струмом у нормальних умовах вважають силу струму 0,01 А.

Для запобігання травм виконують наступні правила:

- розміщення рубильників для ввімкнення установок у спеціальних шафах;
- силові кабелі у спеціальних захисних металевих рукавах;
- забезпечити аварійно-захисне відключення установки в випадку потрапляння людини під дію напруги;
- на панелях управління варто передбачити спеціальні лампи ввімкнення установки;
- вузли установки під напругою оснащуються затисками для підключення заземлення.

Оскільки установка живиться напругою 220 В й існує ймовірність потрапляння персоналу під напругу, установка заземлюється.

Захисним заземленням є спеціальне електроз'єднання металевих неструмопровідних частин, що мають ймовірність потрапити під напругу з землею або її еквівалентом.

Його використовують для забезпечення захисту устаткування та людей від впливу напруги та струму, які в аварійному режимі. Захисне заземлення при правильному його виконанні зменшує напругу  $U_{\text{дот}}$  [15].

### 6.3 Промислове освітлення

Важливу роль у роботі відіграє освітлення. Відрізняють штучне, природне і сполучене освітлення приміщення. Санітарними нормами встановлені вимоги до максимального використання природного освітлення

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщень, яке підвищує захисні функції та стимулює роботу різних систем людського організму.

У денний час виробниче приміщення освітлюється природним бічним освітленням через прорізи в зовнішніх стінах.

Обслуговування устаткування належить до підрозділу "а" VI розділу – загальне спостереження за технологічним процесом. Рекомендована освітленість для приміщень виробничого цеху  $E_n = 200$  лк. Для штучного освітлення вибрано стандартну лампу - ДРИ-400, світловий потік якої 19000лм. Кількість ламп  $N = 25$  шт.  $E_f = 250$  лк ДБНВ 2.5.2.8.2006 [17].

## 5.4 Пожежна безпека

На виробництві можуть горіти електроізоляція, дерев'яні матеріали та інші горючі речовини. Цех відноситься до категорії пожежної небезпеки В (за ОНТП 24-86), клас П-Па зони пожежонебезпеки, II ступінь вогнестійкості (СНиП 2.01.02-85)

До причин, що викликають спалах, відносять:

- несправність електроприладів;
- коротке замикання внаслідок перевантаження кабелів живлення;
- несправність ізоляції електропроводів;
- використання відкритого вогню в недозволених місцях;

Запобіганням спалаху сприяють наступні заходи:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- своєчасний інструктаж по техніці безпеки;
- протипожежний захист;
- засоби організації, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засоби оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- засоби пожежогасіння в безпосередній близькості від обладнання;
- заземлення металевих елементів;

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- громовідводи на будівлі.

Для гасіння невеликих ділянок спалаху застосовують вуглекислі вогнегасники ОУ-5 (2 шт.). Для гасіння включеної електромережі застосовуються порошкові вогнегасники ОП-10 (1 шт.).

Ширина дверей евакуиходу - 2 м. Кількість виходів повинна бути не меншою двох. Двері повинні відкриватися назовні (СНиП 2.09.02-85)[15].

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Очікувані механіко-економічні показники

Одним з недоліків млина маятникового є зношення робочої поверхні ролика розмельного вузла млина маятникового. Це призводить до зменшення ефективності та продуктивності млина маятникового та необхідності заміни робочого органу млина маятникового.

Конструкція модернізованого вузла ролика передбачає зносостійкі вставки з чавуну з пазами для установки керамічних вкладишів з підвищеною зносостійкістю на робочій поверхні ролика. Вставки збільшують термін служби ролика і цим самим дозволяють збільшити тривалість експлуатації млина маятникового без зупинок. Під час ремонту обладнання, вставки ролика можуть бути замінені на нові.

Використання запропонованої конструкції ролика млина маятникового дозволяє значно підвищити зносостійкість його поверхні під час помелу абразивних матеріалів.

Таким чином підвищуються техніко-економічні показники машини, оскільки зменшуються витрати на її експлуатацію та обслуговування.

					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Під час виконання дипломного проекту на тему «Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика» вивчено призначення та конструкцію млина маятникового, який використовується для помелу матеріалів на прикладі лінії підготовки сульфату натрію.

В ході виконання роботи проаналізовано технічні характеристики млина маятникового. На основі аналізу виконано літературно-патентний пошук для подальшої модернізації ролика розмельного вузла. Обрано патент №2673191, на основі якого розроблено модернізацію ролика розмельного вузла. Запропонована конструкція значно підвищує зносостійкість поверхні ролика, що дозволяє збільшити термін експлуатації млина маятникового без зупинок для ремонту та заміни ролика. Запропонована конструкція ролика передбачає заміну вставок при ремонті ролика після якої ролик знову може бути введений в експлуатацію.

У розділі «Охорона праці та навколишнього середовища» виявлено небезпечні фактори під час роботи млина маятникового для персоналу, який обслуговує машину. На основі виявлених шкідливих факторів та небезпек розроблено шляхи їх подолання, що відповідають встановленим санітарним нормам.

Також розглянуто механіко-економічні показники обраної модернізації ролика розмельного вузла, які підтверджують доцільність обраного рішення та його ефективність під час роботи млина маятникового.




					ЛП61(1).012116.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Розрахунки**



## ЗМІСТ

1 Розрахунки, які підтверджують працездатність млина маятникового.....	2
1.1 Параметричний розрахунок млина маятникового.....	2
1.2 Кінематичний розрахунок маятникового млина.....	3
2 Математичне моделювання напружено-деформованого стану ролика маятникового млина під час помелу сульфату натрію.....	6
2.1 Математична постановка задачі статичної пружності.....	6
2.2 Вихідні дані.....	7
2.3 Результати числового аналізу НДС ролика розмельного вузла маятникового млина під час помелу сульфату натрію.....	7
Висновки.....	12

					ЛП61(1).012116.02-70PP		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Савенок В.			Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика		
Перевір.		Карвацький А.Я.					
Н. Контр.							
Затверд.		Гондляр О.В.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	
					КПІ ім.Ігоря Сікорського		

# 1 Розрахунки, які підтверджують працездатність млина маятникового

## 1.1 Параметричний розрахунок млина маятникового

Продуктивність млина маятникового млина визначається за формулою:

\_\_\_\_\_

де  $l$  – ширина робочої частини ролика, м;

$h$  – висота шару матеріалу під роликом, м;  $h = 0,02$  м;

$v$  – швидкість ролика, м/с;  $v_p = 4$  м/с;

$\rho_{\text{нас}}$  – насипна густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$z$  – число роликів;

$k_{\text{ц}}$  – кратність циркуляції;  $k_{\text{ц}} = 15$ .

Якщо

\_\_\_\_\_

то, ширина робочої частини ролика дорівнює:

\_\_\_\_\_

Кут між твірною і вертикаллю верхнього зрізаного конусу приймаємо  $\alpha = 4^\circ$ .

Довжину ролика знаходимо за формулою:

Приймаємо довжину ролика

Діаметр меншої основи зрізаного конуса ролика:

Відстань від осі обертання хрестовини до осі ролика становить:

де – діаметр кільця:

					ЛП61(1).012116.02 – 70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

\_\_\_\_\_

де  $D_{\text{сер}}$  – середній розмір шматка, м,

$d$  – діаметр ролика, м,

– кут захвату (приймаємо  $24^\circ$ ).

Зазвичай ролики млина виконують з високомарганцевої зносостійкої сталі Ст110Г13Л, яка застосовується для виготовлення деталей, що швидко зношуються.

## 1.2 Кінематичний розрахунок маятникового млина

Кутова швидкість обертання валу обчислюється за формулою:

$$\frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

де  $q$  – тиск ролика на кільце, Н/м;

$m_p$  – маса ролика, кг.

Частота обертання валу млина:

$$\frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

Уточнене значення швидкості обертання ролика:

Кутова швидкість ролика:

$$\frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

Частота обертання ролика навколо своєї осі:

$$\frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

На рисунку 1 зображені сили, які діють на ролик та розмельне кільце.

					ЛП61(1).012116.02 – 70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N$  – реакція кільця, що рівна силі тиску ролика на кільце. На підвіс  $O$  діє сила тяжіння  $G_{p.m}$  ролика і осі маятника і деталей, що їх з'єднують.  $h = 0,75$  м – відстань між віссю підвісу до центру ролика.

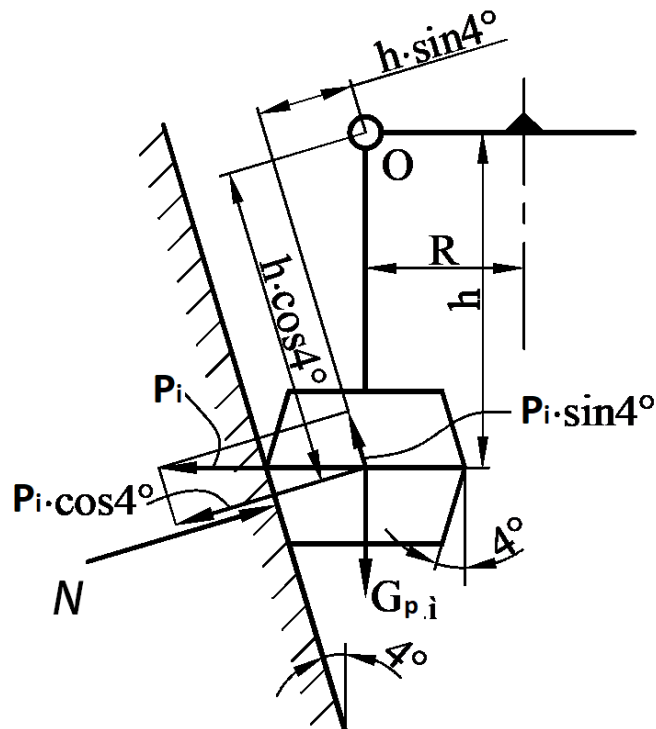


Рисунок 1.1 – Схема сил, що діють на ролик та розмелъне кільце

Сила інерції ролика:

Сила тиску ролика на кільце визначається з рівняння моментів всіх сил:

Звідси:

\_\_\_\_\_

Сила тертя кочення, що діє на ролик:

Сила тертя ковзання:

Сила опору руху ролика:

					ЛП61(1).012116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складовими потужності приводу валу маятникового млина є потужності, що витрачаються на перекочування роликів  $N_1$  та опір силі тертя при проковзуванні роликів  $N_2$ , які визначаються за наступними формулами

$$\begin{aligned} & \text{_____} \\ & \text{_____} \end{aligned}$$

де  $P$  – сила притискання ролика:

– коефіцієнт опору кочення ролика;

$f$  – коефіцієнт тертя між роликом та матеріалом

$v_{ск}$  – швидкість ковзання ролика:

Потужність, що необхідна для подолання опору в інших вузлах млина:

Тоді потужність млина:

Приймаємо двигун 4A225M2 УЗ потужністю 55 кВт.

Частота обертання  $n_d = 985$  об/хв.

Передаточне число млина:

—

					ЛП61(1).012116.02–70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Математичне моделювання напружено-деформованого стану ролика маятникового млина під час помелу сульфату натрію

Мета: виконати моделювання силових умов помелу сульфату натрію у розмельному вузлі маятникового млина у системі ANSYS та розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) ролика.

### 2.1 Математична постановка задачі статичної пружності

Для моделювання використовуємо числовий розв'язок задачі статичної пружності [18].

До системи стаціонарних диференціальних рівнянь задачі статичної пружності для ізотропного матеріалу входять рівняння руху і рівноваги, геометричне рівняння – тензор малих деформацій та фізичне рівняння – узагальнений закон Гука [16]:

$$\begin{cases} \sigma_{ij,j} + \rho b_i = 0; \\ \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}); \\ \sigma_{ij} = \frac{E}{1+\nu} \left( \varepsilon_{ij} + \frac{\nu}{1-2\nu} \delta_{ij} \varepsilon_{kk} \right), \end{cases} \quad (2.1)$$

де  $\sigma_{ij,j}$ ,  $i, j = 1, 2, 3$  – частинна похідна від тензора напруження, Па/м;

$\sigma_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2, 3$  – компоненти симетричного тензора напруження другого рангу, Па;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$b_i$ ,  $i = 1, 2, 3$  – компоненти вектора масових сил, Н/кг;

$\varepsilon_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2, 3$  – компоненти симетричного тензора другого рангу пружних деформацій;

					ЛП61(1).012116.02–70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$u_i, i = 1, 2, 3$  – компоненти вектора переміщень, м;

$u_{i,j}, i, j = 1, 2, 3$  – частинна похідна від вектора переміщення;

$E$  – модуль пружності під час одновісного розтягу/стискання, Па;

$\nu$  – коефіцієнт Пуассона;

$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } i = j; \\ 0 & \text{при } i \neq j, \end{cases}$  – символ Кронекера.

Граничні умови для числової моделі:

– переміщення або защемлення (повинно бути задано хоча б в одній точці на поверхні тіла)

$$u_i|_{S_u} = 0, \quad i = 1, 2, 3, \quad (2.2)$$

де  $S_u$  – поверхня (або точка поверхні), на якій задано переміщення, м<sup>2</sup>;

– симетрії

$$n_i u_i|_{S_{su}} = 0, \quad i = 1, 2, 3, \quad (2.3)$$

де  $n_i, i = 1, 2, 3$  – компоненти вектора зовнішньої нормалі до поверхні тіла;

$S_{su}$  – поверхня симетрії тіла, м<sup>2</sup>;

– зовнішній тиск

$$\sigma_{ij} n_j \vec{n}_i|_{S_p} = p, \quad (2.4)$$

де  $p$  – зовнішній тиск на поверхні  $S_p$ , Па;

– зовнішня сила, яку прикладено в точці.

					ЛП61(1).012116.02–70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_i^P = \int_{\Delta S_p} \sigma_{ij} n_j dS, \quad (2.5)$$

де  $F_i^P$ ,  $i=1,2,3$  – компоненти вектора зовнішньої сили в точці  $P$ , Н;

$\Delta S_p$  – елементарна площадка поверхні тіла в околі точки  $P$ , м<sup>2</sup>;

Співвідношення для визначення запасу міцності.

Еквівалентні напруження  $\sigma_{eqvM}$  за Мізесом визначаються за формулами:

$$\sigma_{eqvM} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\sigma_{11}^2 - \sigma_{22}^2 + \sigma_{22}^2 - \sigma_{33}^2 + \sigma_{33}^2 - \sigma_{11}^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)} \quad (2.6)$$

або

$$\sigma_{eqvM} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad (2.7)$$

де  $\sigma_{ij}$ ,  $i, j=1,2,3$  – компоненти тензора напружень, Па;

$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$  – компоненти вектора головних напружень, Па.

Запас міцності  $F_s$  пластичних матеріалів визначається за формулою

$$F_s = \frac{\sigma_T}{\sigma_{eqvM}}, \quad (2.8)$$

де  $\sigma_T$  – границя текучості (міцності) матеріалу, Па;

$\sigma_{eqvM}$  – еквівалентне напруження за Мізесом (2.6), (2.7), Па.

					ЛП61(1).012116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2.2 Вихідні дані

Матеріал ролика – Ст110Г13Л;

- модуль пружності –  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа;
- границя текучості –  $\sigma_T = 360$  МПа;
- коефіцієнт Пуассона –  $\nu = 0,3$ ;
- густина –  $\rho = 7800$  кг/м<sup>3</sup>;

Матеріал вставок в ролик – ЧХ22 (чавун хромистий)

- модуль пружності –  $E = 1,5 \cdot 10^5$  МПа;
- границя текучості –  $\sigma_T = 400$  МПа;
- коефіцієнт Пуассона –  $\nu = 0,22$ ;
- густина –  $\rho = 7300$  кг/м<sup>3</sup>;

## 2.3 Результати числового аналізу НДС ролика розмельного вузла маятникового млина під час помелу сульфату натрію

Геометрична модель вузла дробильної камери щоклової дробарки побудована в CAD-системі SolidWorks (рисунок 1).

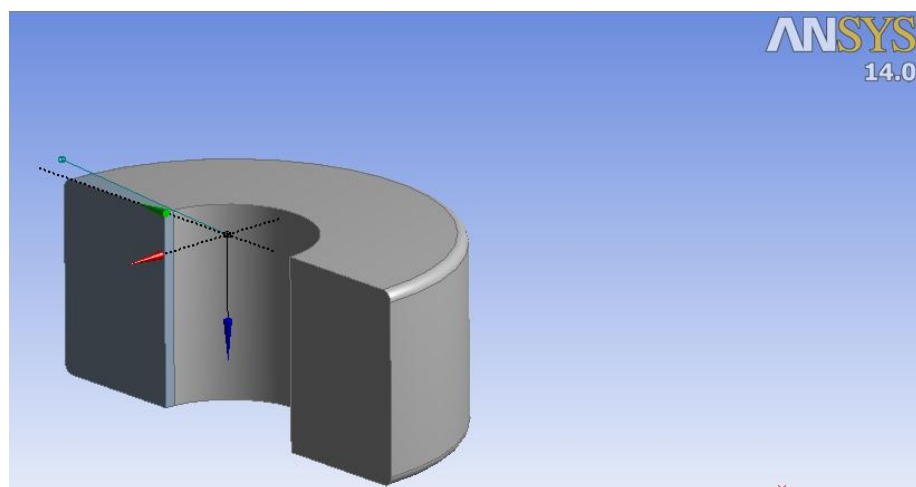


Рисунок 2.1 – Тривимірна модель ролика

					ЛП61(1).012116.02 – 70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок НДС ролика виконано з використанням САЕ-системи ANSYS (Static Structural – Design Modeler, Mechanical), що побудовані на базі числового методу скінченних елементів [19].

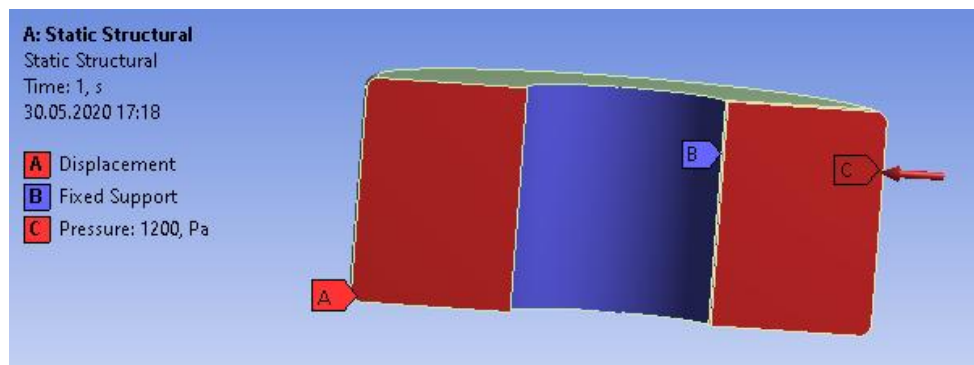


Рисунок 2.2 – Закріплення та навантаження ролика

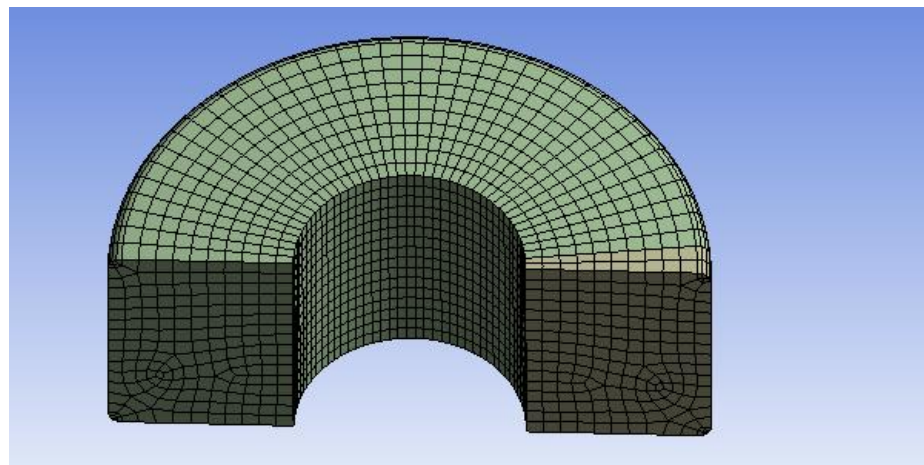


Рисунок 2.3 – Скінченно-елементна модель ролика

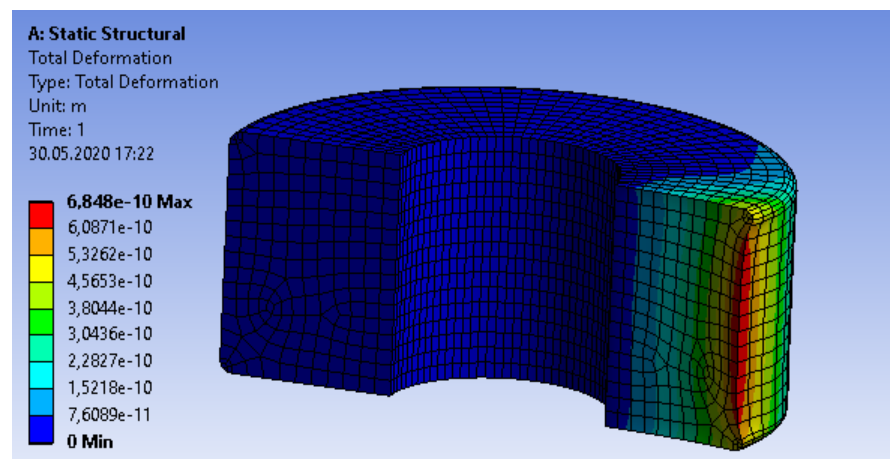


Рисунок 2.4 – Поле сумарних переміщень ролика

					ЛП61(1).012116.02–70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

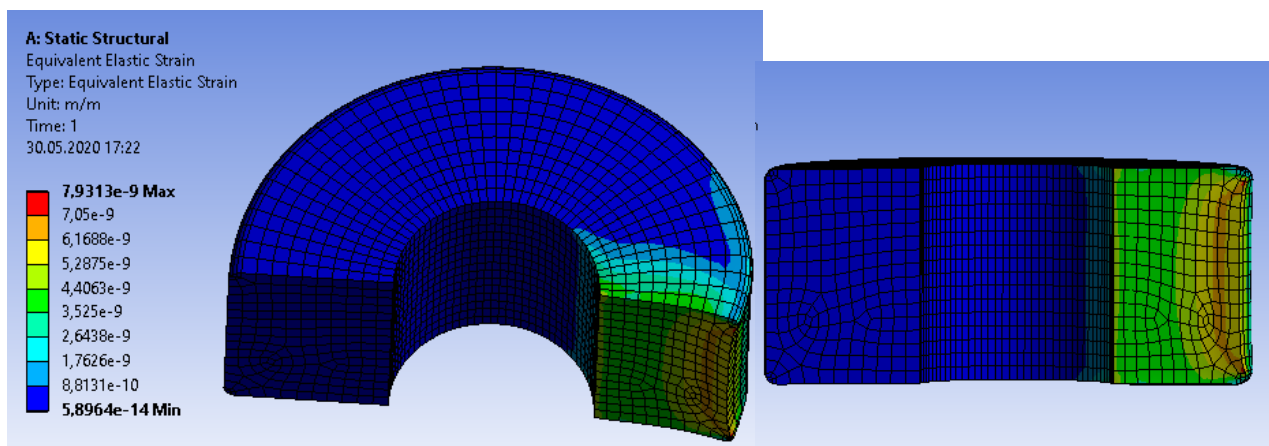


Рисунок 2.5 – Поле еквівалентних деформацій за Мізесом

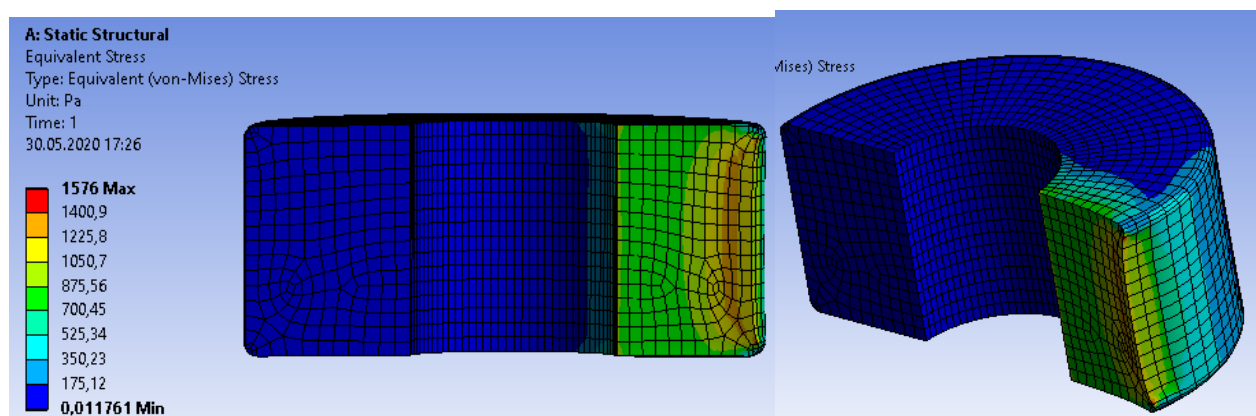


Рисунок 2.6 - Поле еквівалентних напружень за Мізесом

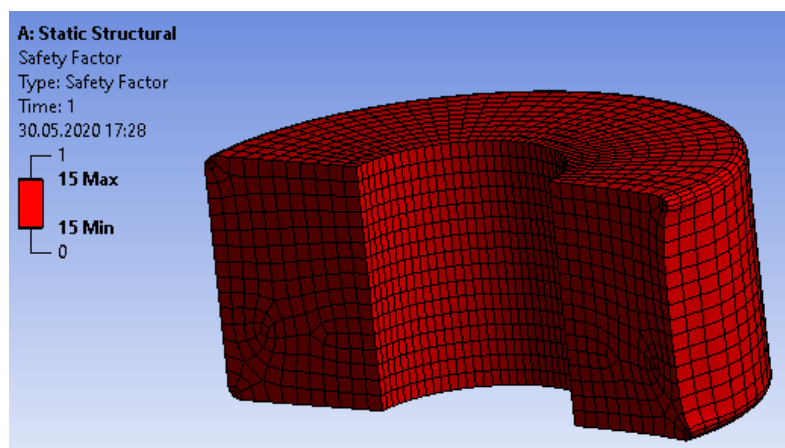


Рисунок 2.7 – Поле запасу міцності

Виконуємо розрахунок модернізованого ролика з вставками. Для цього створюємо тривимірну модель ролика в SolidWorks. Задаємо аналогічні навантаження та закріплення (рисунок 7)

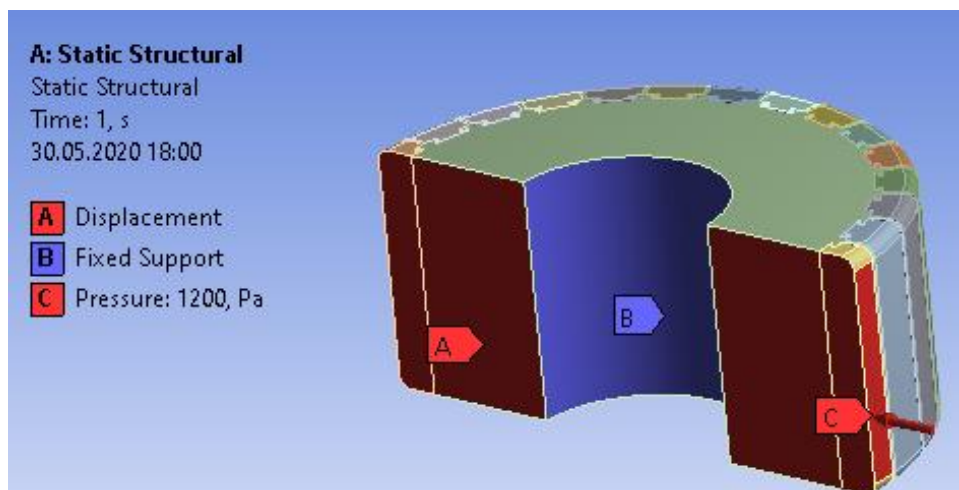


Рисунок 2.8 – Закріплення та навантаження модернізованого ролика

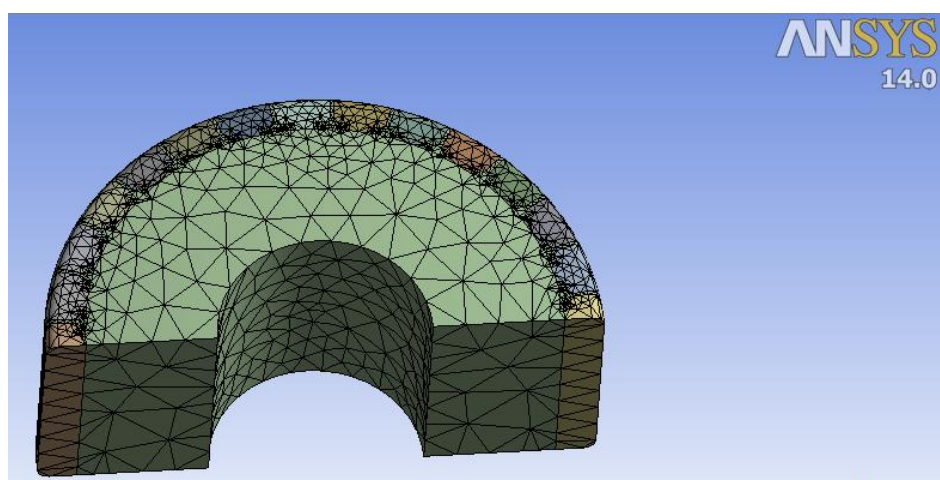


Рисунок 2.9 - Скінченно-елементна модель

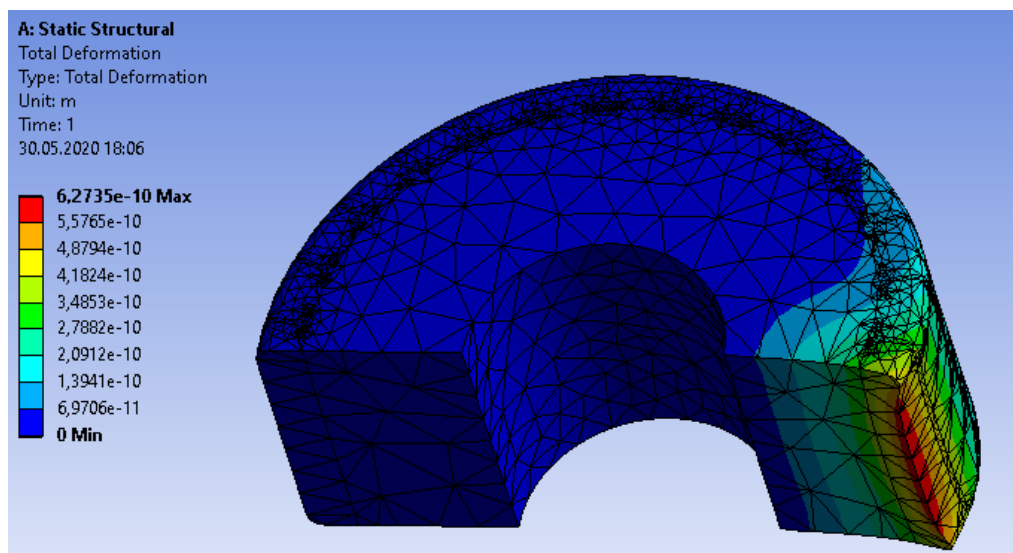


Рисунок 2.10 - Поле сумарних переміщень модернізованого ролика

					ЛП61(1).012116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

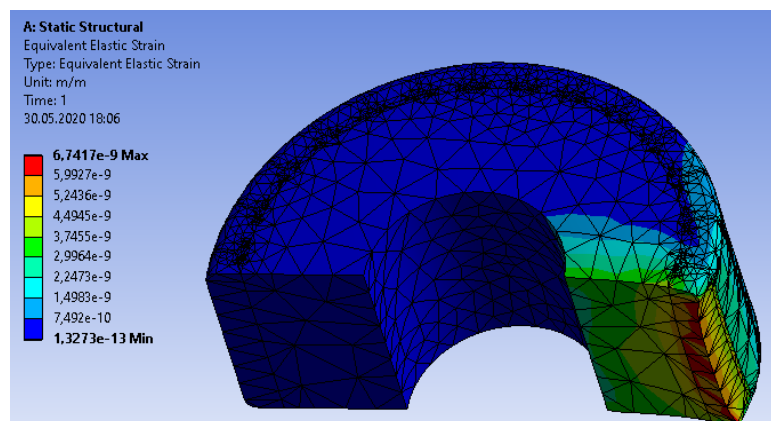


Рисунок 2.11 – Поле еквівалентних деформацій модернізованого ролика

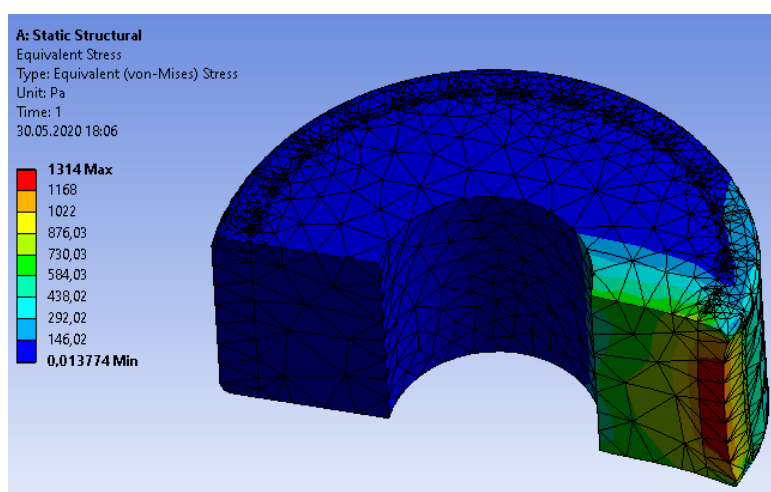


Рисунок 2.12 – Поле еквівалентних навантажень за Мізесом модернізованого ролика

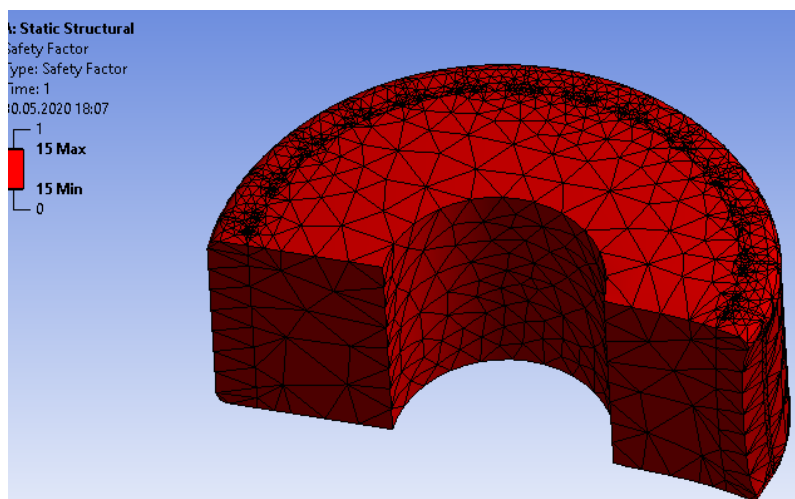


Рисунок 2.13 – Поле запасу міцності модернізованого ролика

					ЛП61(1).012116.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Виконано параметричний та кінематичний розрахунок млина маятникового для визначення основних характеристик і параметрів роботи машини та підтверджено працездатність її вузлів.

За результатами числового аналізу НДС ролика розмельного вузла маятникового млина в системі ANSYS отримано та порівняно значення фізичних полів ролика до та після модернізації. В результаті модернізації за патентом №2016142139 отримано наступні значення:

- максимальні сумарні переміщення ролика зменшилися на 8,5%;
- еквівалентні деформації – на 15 %;
- еквівалентні навантаження за Мізесом – на 16,6 %.


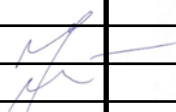
При цьому запас міцності конструкції забезпечує надійну експлуатацію ролика, що дозволяє використовувати обрані конструкційні матеріали для виготовлення ролика розмельного вузла маятникового млина.

					ЛП61(1).012116.02 – 70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Технологія машинобудування**

## ЗМІСТ

1	Технологічний процес виготовлення деталі.....	2
2	Вибір пристосування.....	14
2.1	Опис конструкції і принципу роботи .....	14
2.2	Розрахунок сил закріплення.....	16
	Висновок .....	17

					<i>ЛП61(1).012116.03-70TE</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Савенок В.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Карвацький А.Я.</i>					
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Гондляр О.В.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
						<i>1</i>	
					<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i>		



## 1 Технологічний процес виготовлення деталі

Метою розділу дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – втулки і проектування оснастки (пристрою) для одної з операцій виготовлення деталі.

В процесі виконання роботи вирішуються такі завдання, як розробка технології виготовлення деталі «втулка», в яку входить обрання методу отримання заготовки, вибір устаткування і інструментів для кожної операції.

Втулка з'єднує вал редуктора з млином маятниковим. Деталь є відповідальною і напруженою. Дефекти внутрішні і зовнішні не допускаються.

Матеріал деталі має достатню пластичність для обробки тиском. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності.

Матеріал деталі сталь 40Х ГОСТ ГОСТ 4543-71 добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту. Ступені поверхонь обертання зменшуються в одному напрямку, - це технологічно.

В іншому деталь складається з уніфікованих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при добрих технологічних базах.

Технологічний процес виготовлення втулки наведено в МК, КЕ та ОК.

					ЛП61(1).012116.03-70 ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

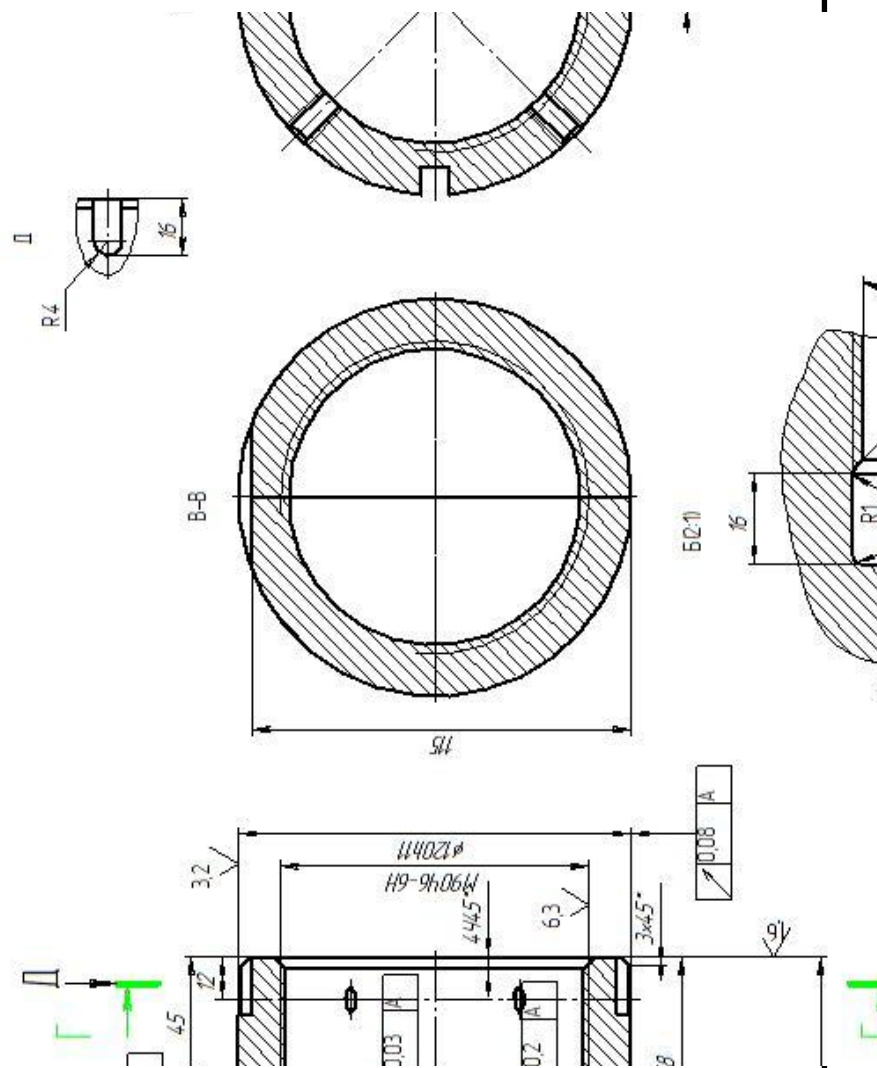


Рисунок 1.1 – Ескіз втулки

					ЛП61(1).012116.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

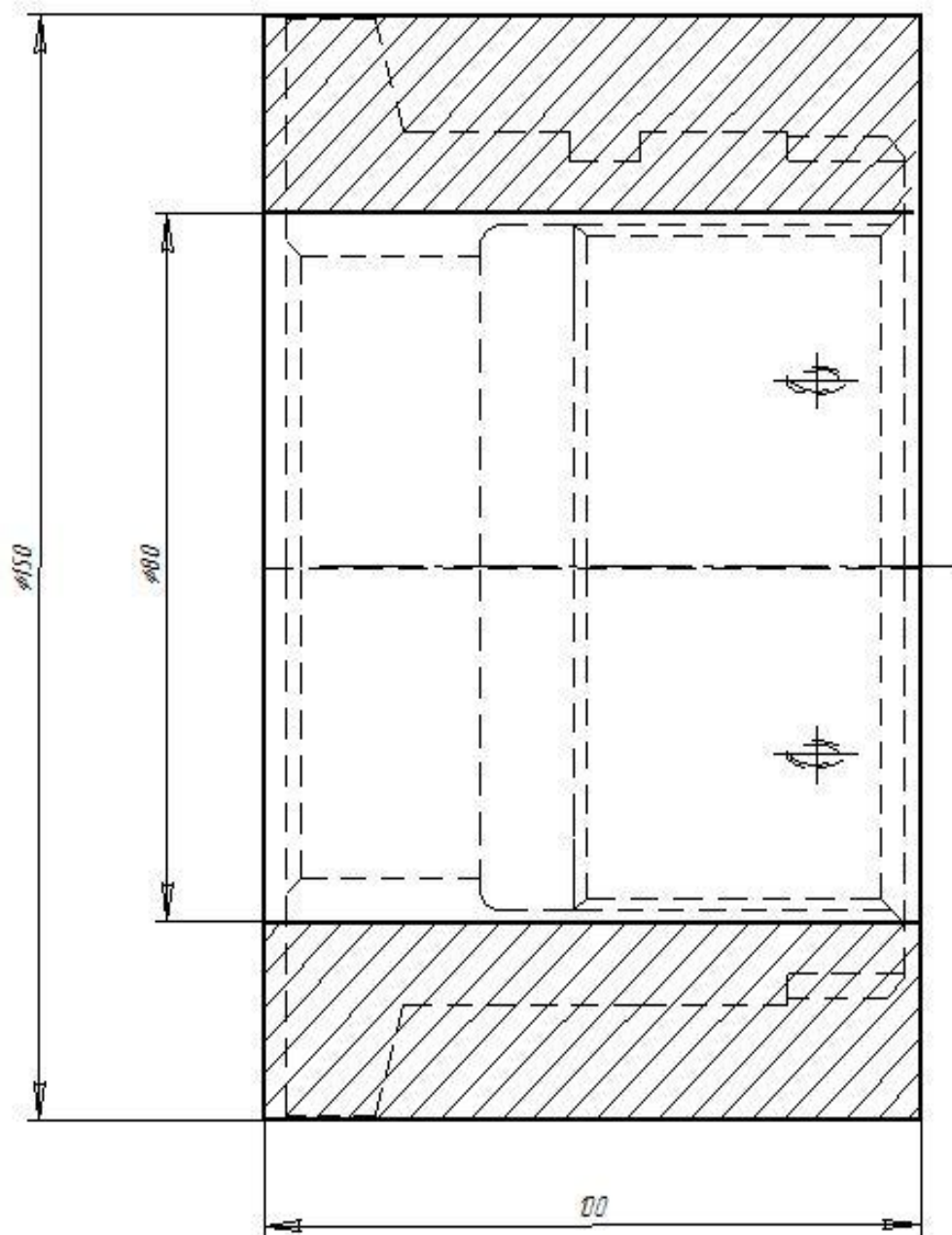


Рис.7.1. Ескіз заготовки. Сталь 40Х

					ЛП61(1).012116.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Викон.	Савенок В.В.	Qaf	Операційна карта механічної обробки			ЛП61(1).127244.000		ГОСТ 3.1404 – 86    Форма 2					
Перев.	Боршик С.О.					Втулка							
Затв.													

				Ном. цеху	Ном. дільн.	Ном. операц.	Найменування операції						
				5	2	005	Розмітка						
				Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка						
							Профіль та розміри		Твердість	Маса			
				Сталь 40X		8,0	D=146 L=92		HB=197	14,0			
				Кіль. одночас. оброб. дет.			Обладнання (найменування, модель)						
Пристосування (код та найменування)			Охолодження										

Номер переходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>2</sub>
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Розмітка деталі.											15	5
ОК	Обробка різанням												

Викон.	Савенок В.В.	Qaf	Операційна карта механічної обробки			ЛП61(1).127244.000		ГОСТ 3.1404 – 86    Форма 2						
Перев.	Борщик С.О.					Втулка								
Затв.														

	Ном. цеху	Ном. дільн.	Ном. операц.	Найменування операції									
	5	2	010	Розмітка.									
	Найменування та марка матеріалу			Маса деталі	Заготовка								
					Профіль та розміри			Твердість		Маса			
	Сталь 40X			8,0	D=147 L=100			HB=197		14,0			
	Кіль. одночас. оброб.дет.			Обладнання (найменування, модель)									
	1			Токарний 16K20Ф3									
	Прийомлення (код та найменування)		Патрон				Охолодження						
Емульсія													

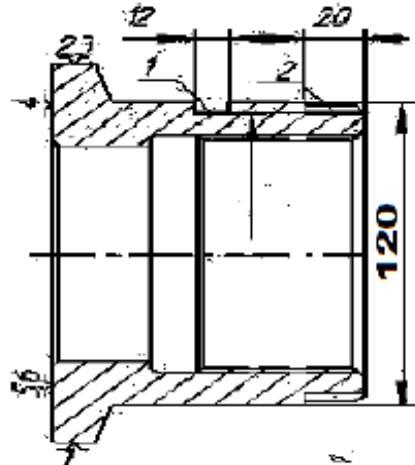
  

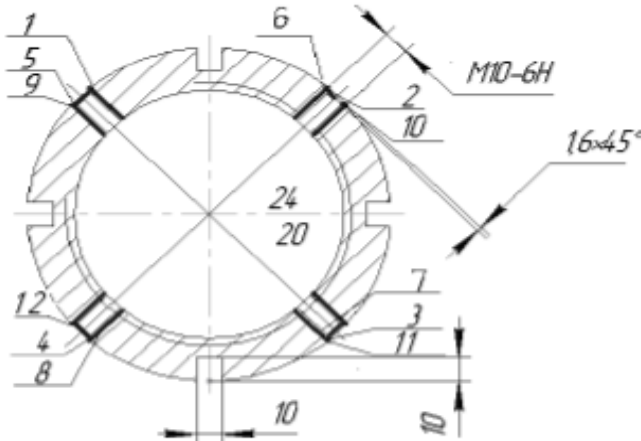
Номер переходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Розмітка деталі.											15	5
1	Точити базові поверхні 1,2.		Різець фасонний ГОСТ 18875-73	Штангенциркуль ЩЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	180	20	2	1	0,4	92	52	3	1
OK	Обробка різанням												

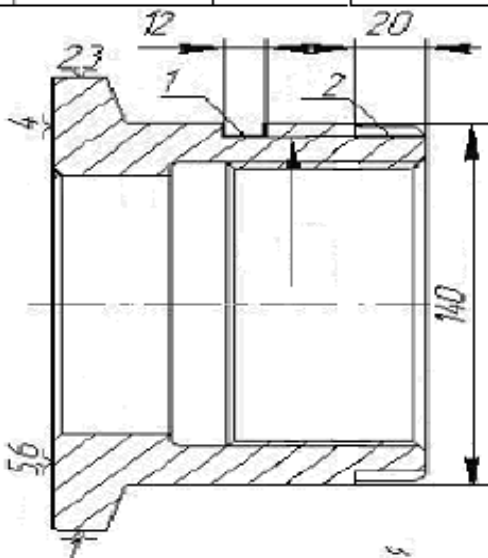


Викон.	Савенок В.В.	Дат	Токарна			ЛП61(1).127244.000		ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 26					
Перев.	Боршик С.О.												
№ пере- ходу	Зміст переходу	Інструмент ( код і найменування )			Розр.		Режим обробки					T <sub>о</sub>	T <sub>з</sub>
		Допоміжний	Ріжучий	Вимірювальний	діа- метр	дов- жи-	t	i	S	n	V		
5	Розточування поверхні 8		Різець ГОСТ 18875-70	Штангенциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	110	10	5	1	0,35	720	230	1,2	1
6	Розточування фаски на по- верхні 5,9.		Різець токарний підрізний ГОСТ 18871-73	Штангенциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	140	3	2	0,3	0,39	720	302	0,1	0,2
7	Нарізування різьби М90Ч6 на поверхні 10		Різець Різьбонарізний ГОСТ 18885-73	Штангенциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	140	70	2,5	2	6	100	33	0,12	1
8	Переустановка деталі												
9	Обробка поверхні 11. Підрізування торця		Різець Прохідний ГОСТ 18869-70	Штангенциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	176	40	2	1	0,2	720	380	0,01	0,2
10	Розточування фаски на по- верхні 12		Різець токарний підрізний ГОСТ 18871-73	Штангенциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	140	3	0,3	1	0,3	720	302	0,01	0,2
11	Зняти деталь												
12													
13													
14													
ОП	Обробка різанням												



Викон.	Савенок В.В.	Дат.	Операційна карта механічної обробки			ЛП61(1).127244.000		ГОСТ 3.1404 – 86    Форма 2					
Перев.	Боршик С.О.					Втулка							
Затв.													
			Ном. цеху	Ном. дільн.	Ном. операц.	Найменування операції							
			5	2	020	Фрезерна							
			Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка				Маса			
						Профіль та розміри		Твердість					
			Сталь 40X		8,0	D=146 L=100		HB=197	14,0				
			Кіль. одночас. оброб. дет.			Обладнання (найменування, модель)							
			1			Фрезерний 6P11Ц31							
Пристосування (код та найменування)			Лещата				Окопюдження						
							Емульсія						
Номер переходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>2</sub>
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S <sub>z</sub>	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Встановлення деталі												
2	Фрезерувати поверхню 12		Фреза кінцева Ш12. ГОСТ 17025-71	Штангенциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	12	40	5	1	0,03	650	78	0,24	0,12
	Переустановка деталі												
3	Фрезерувати поверхню 13	Ділильна голівка	Фреза кінцева Ш10 ГОСТ 17025-71	Штангенциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	10	20	5	1	0,05	650	130	0,3	0,12
4	Зняти деталь												
ОП	Обробка різанням												

Викон.	Савенок В.В.	Дат.	Операційна карта механічної обробки			ЛП61(1).127244.000		ГОСТ 3.1404 – 86		Форма 2							
Перев.	Боршик С.О.					Втулка											
Затв.																	
						Ном. цеху	Ном. діля.	Ном. операц.	Найменування операції								
						5	2	025	Свердлильна								
						Найменування та марка матеріалу				Маса деталі	Заготовка						
											Профіль та розміри		Твердість	Маса			
						Сталь 40X				8,0	D=146 L=100		HB=197		14,0		
						Кіль. одночас. оброб. дет.			Обладнання (найменування, модель)								
						1			Вертикально – свердлильний								
Прийоми обробки (код та найменування)			Ділильна голівка						Охолодження								
									Емульсія								
Номер переходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>				
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S <sub>z</sub>	n	V						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
1	Встановлення заготовки																
2	Свердлить отвори 1,2,3,4.		Свердло спіральне ГОСТ 886-77	Штангенциркуль ШЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	8,4	20	4,2	4	0,35	320	9,6	0,2	0,9				
3	Зінкування фасок на поверхнях 5,6,7,8.		Зенкер Ш20 ГОСТ 1056-73	Штангенциркуль ШЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	10	1,6	0,3	2	0,3	720	22	0,01	0,9				
4	Нарізування різьби на поверхнях 9,10,11,12.		Різець різьбонарізний ГОСТ 18885-73	Штангенциркуль ШЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	10	20	1,2	2	1,5	60	18	0,6	1				
	Зняти деталь																
ОП	Обробка різанням.																

Розроб.	Савенок В.В.	В.В.	Операційна карта механічної обробки			ЛП61.127244.000		ГОСТ 3.1404 – 86		Форма 2				
Перев.	Борщик С.О.					Втулка								
Затв.														
			Ном. пеху	Ном. діляч.	Ном. операц.	Найменування операції								
			5	2	030	Термообробка								
			Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка								
						Профіль та розміри		Твердість	Маса					
			Сталь 45Х ГОСТ 1050-74		8,0	D=146 L=100		HB=197		14,0				
			Кіль. одночас. оброб. дет.			Обладнання (найменування, модель)								
			1			Піч ТВЧ								
Прийомлення (код та найменування)								Охолодження						
Номер переходу	Зміст переходу		Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>
			допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S <sub>z</sub>	n	V		
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Термообробка втулки												1440	10
ОП	Обробка різанням													



## 2 Вибір пристосування

### 2.1 Опис конструкції і принципу роботи

При виготовленні деталі – втулки здійснюється багато різних операцій. Для кожної з них переважно використовують своє пристосування. Патрон з жорстким centruючим елементом і трьома прихватами використовується для розточування внутрішньої поверхні.

Патрон з жорстким centruючим елементом і трьома прихватами (рисунок 2.1) працює наступним чином. Втулка, centruється обробленим отвором на пальці 5, а торцем фланця прилягає до торця кільця 3. Осьовий затиск деталі здійснюється трьома важелями(прихватами) 4, до яких рух від пневмоциліндра передається завдяки тязі 13 і коромислу 11.

Для того, щоб забезпечити затиск деталі рівномірно всіма важелями передбачене використання сферичних шайб 9 і 10, які дають коромислу качатися. Під час зворотнього ходу тяги 13 кільце 12 тисне на коромисло і переміщує його вправо. При цьому важелі 4 ковзають вздовж сухарів 6, що розміщені в кришці 2 і під впливом пружин 8 і плунжерів 7 розкриваються, щоб звільнити деталь, що обробляється.

Для безпеки роботи пристрій вкритий кожухом 1.

					ЛП61(1).012116.01-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

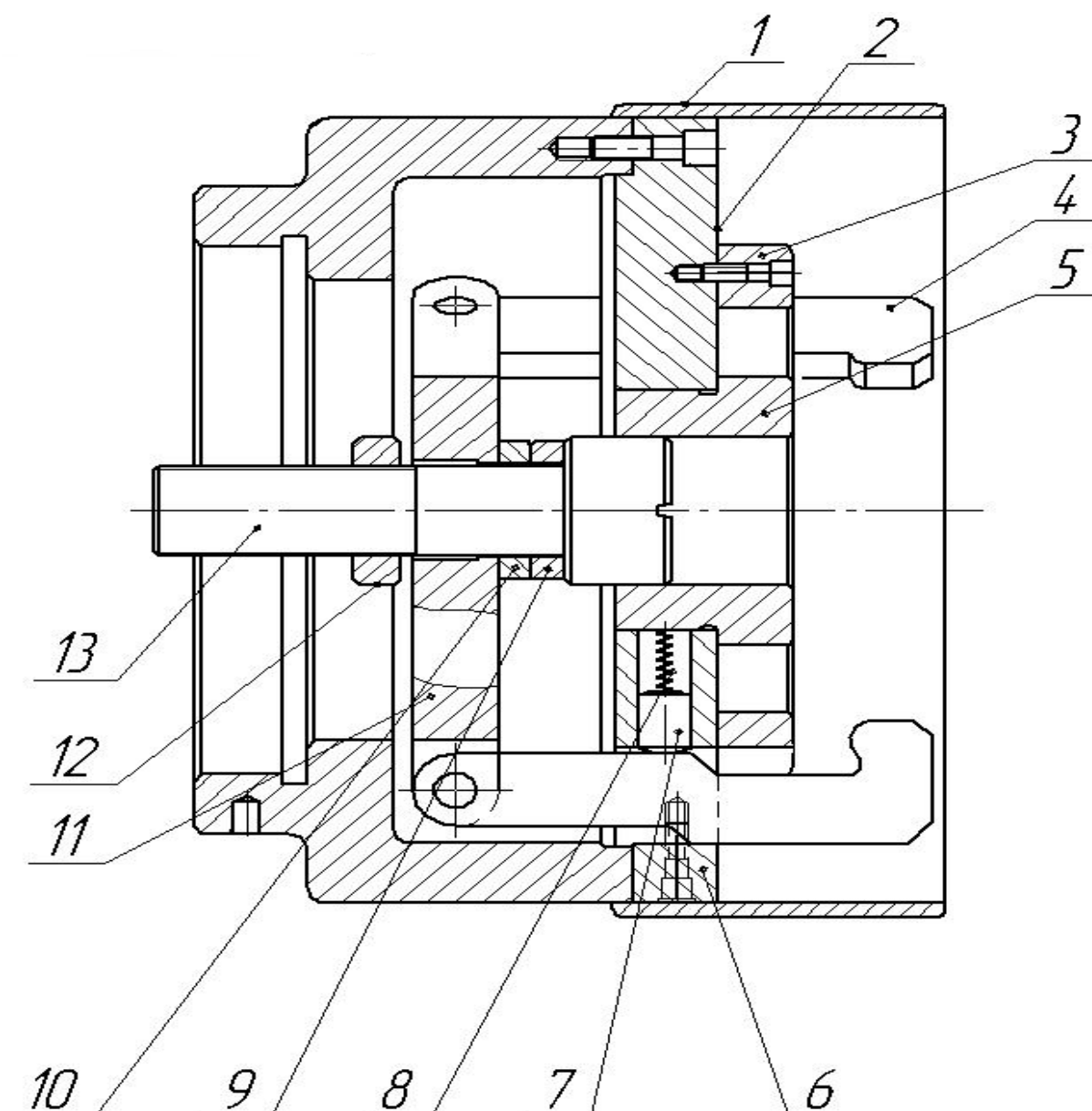


Рисунок 2.1 – Патрон з жорстким центруючим елементом і трьома прихватами.

					ЛП61(1).012116.01-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Розрахунок сил закріплення

Закріплення заготовки в патроні виконується за допомогою затискного гвинта.

Визначаємо силу притискання заготовки  $P$  прихватами:

$$P = \frac{2 \cdot M_{MAX} \cdot k}{D \cdot f} = \frac{2 \cdot 14,4 \cdot 3,5}{0,146 \cdot 0,16} = 3579,54 \text{ Н} ;$$

$M_{MAX}$  – максимальний обертовий момент при свердлінні отвору під різьбу М10-6Н, формула [1].

$$M_{MAX} = 14,4 \text{ Нм}$$

$D$  – діаметр базової поверхні,  $D=0,176 \text{ м}$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу,  $k=3,5$  [14,с.85]

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,16$  [14,с.85]

$\sigma$  – напруження розтягу – стиску матеріалу гвинта,  $\sigma = 9 \cdot 10^7 \text{ Па}$  [13,с.186].

Діаметр затискного гвинта:

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma}} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{3579,54}{9 \cdot 10^7}} = 0,0145 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр гвинта затискаючого механізму Tr 16x2.

					ЛП61(1).012116.01-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

У розділі дипломного проекту «Технологія виготовлення деталі і монтажу вузла» розроблено технологічний процес виготовлення втулки. В результаті розроблено маршрутні та операційні карти та карти ескізів для виготовлення втулки, де підібрано обладнання та металорізальні верстати для її виготовлення.

Розглянуто призначення втулки, її конструктивні особливості. Обрано пристосування для виконання однієї з операцій виготовлення втулки, а саме патрон з жорстким центруючим елементом і трьома прихватами для розточування внутрішньої поверхні втулки. Розраховано сили закріплення втулки у патроні.

					ЛП61(1).012116.01-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Загальні висновки

Виконано дипломний проект на тему «Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика», метою якого було вивчення конструкції, призначення та принципу роботи млина маятникового для проведення його модернізації.

Принцип роботи млина маятникового розглянуто на прикладі його використання в технологічній лінії підготовки сульфату натрію. Проведено аналіз технологічних характеристик та параметрів роботи млина маятникового, в ході якого визначено переваги та недоліки машини під час її експлуатації. Визначено, що під час помелу абразивного матеріалу, робоча поверхня роликів розмельного вузла швидко зношується, що призводить до необхідності зупинки обладнання та його ремонту.

Для вирішення цього недоліку проведено літературно-патентний огляд та обрано патент №2673191, на основі якого запропоновано модернізацію ролика розмельного вузла. Дане рішення дозволяє значно підвищити зносостійкість робочої поверхні ролика, а отже і строк його служби завдяки вставкам з підвищеною твердістю та зносостійкістю в поверхні ролика.

Розроблено розділ «Охорона праці та навколишнього середовища» проаналізовано шкідливі фактори та небезпеки для життя та здоров'я персоналу під час експлуатації млина маятникового та визначено шляхи їх усунення.

Проаналізовано механіко-економічні показники, що підтверджують ефективність та доцільність обраної модернізації, а саме збільшення зносостійкості поверхні та тривалості експлуатації млина маятникового без зупинок на ремонт, можливість заміни вставок на нові без необхідності заміни всього ролика під час ремонтних робіт.

Виконано ряд розрахунків млина маятникового які підтверджують працездатність обраної модернізації ролика. В системі ANSYS виконано розрахунок напружено-деформованого стану ролика за допомогою задачі

					ЛП61(1).012116.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

статичної пружності. Для ілюстрування доцільності модернізації виконано розрахунок ролика розмельного вузла до та після модернізації.

Отримані результати показують, що:

- максимальні сумарні переміщення ролика зменшилися на 8,5%;
- еквівалентні деформації – на 15 %;
- еквівалентні навантаження за Мізесом – на 16,6 %.

При цьому запас міцності конструкції забезпечує надійну експлуатацію ролика, що дозволяє використовувати обрані конструкційні матеріали для виготовлення ролика розмельного вузла маятникового млина.

У розділі «Технологія машинобудування» розроблено технологічний процес виготовлення втулки, під час якого розроблено операційні та маршрутні карти та карти ескізів процесу, де підібрано обладнання та металорізальні верстати для її виготовлення.

Розглянуто призначення втулки, її конструктивні особливості. Обрано пристосування для виконання однієї з операцій виготовлення втулки, а саме патрон з жорстким центруючим елементом і трьома прихватами для розточування внутрішньої поверхні втулки. Розраховано сили закріплення втулки у патроні.

За темою дипломного проекту підготовано та опубліковано тези.

					ЛП61(1).012116.01–70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тимонін О.М. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів.: атлас конструкцій [Текст]/ О.М. Тимоніна.: Київ – 2015. – 70с
2. Дубинін, А.І. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів.: навч. посібник [Текст] / А. І. Дубинін, В. М. Атаманюк, В. П. Дулеба, Д. М. Симак. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 292 с.
3. Панов Є.М., Лелека С.В., Карвацький А.Я., Педченко А.Ю., Боженко М.Ф., Іваненко Д.О.. "Експрес-методика визначення середньомасової температури вуглеграфітових виробів в печах графітування за технологією Кастнера". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2018. N 1. С. 39-46. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143375](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143375)
4. Щербина В.Ю., Дегодя Т. В., Новохатська Ю.М. "Підвищення ресурсу роботи бандажів обертових печей". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2016. N 1. С. 110-116 DOI: [10.20535/2306-1626.1.2016.77978](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2016.77978)
5. Пат. 201310413529, Китай, В02С17/14 (2015.03) Чангфен Аі – № 104437766 заявл. – 25.03.2015, опубл. – 03.05.2017.
6. Пат. 201810321518, Китай, В07В7/083 (2018.08) Ченджгуан Лаі, Хаіран Юі – № 108435337 заявл. – 24.08.2018, опубл. – 18.09.2018.
7. Пат. 2016142139, Росія, В02С15/00 (2006.01) Герар Норбер – № 2673191 заявл. – 16.04.2015, опубл. – 22.11.2018.
8. Пат. 2014112248, Росія, В02С15/00 (2006.01) Грицяк В.А., Діденко І.Н., Дубина О.В., Ковальчук І.А. – № 2609258 заявл. – 31.01.2014, опубл. – 31.01.2017.
9. Пат. 2110325, Росія, В02С 7/18 (1995.01) Андреев П.І.– № 2110325 заявл. – 28.08.1996, опубл. – 10.05.1998.

					ЛП61(1).012116.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Пат. 2018541296, Японія, B02C15/04 Барті Ральф – № 2019504764 заявл. – 19.11.2018, опубл. – 20.12.2018.
11. Пат. 201013138264, США, B02C15/02 Гальк Йоакім, Вієнкен Юрген, Сімонс Тоні, Швамборн Карл–Хенз, Пліхал Гюнтер – № 2011278386 заявл. – 16.11.2011, опубл. – 04.02.2014.
12. Пат. 2108866, Росія, B02C 15/02 (1995.01) Шестаков К.В., Фарков Г.С., Гузь М.А. – № 2108866 заявл. – 23.08.1996, опубл. – 20.04.1998.
13. Пат. 2009121478, Росія, B02C 15/02 (2006.01) Артюхов Є.А., Ігнатов В.І. – № 2393018 заявл. – 02.06.2009, опубл. – 27.06.2010
14. Ярощук Л.Д., Тюріна Є.О. "Врахування стратегії сталого розвитку при автоматизації очищення олив та мастил адсорбентами," *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2019. N 1. С. 126-134. DOI:[10.20535/2617-9741.1.2019.171211](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171211)
15. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене./ К.Н.Ткачук, М.О. Халимовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006 – 448с.
16. Щербина В.Ю., Лобко С.С., Васильченко Г.Н., Лелека С.В. О повышении энергоэффективности вращающихся печей. Матеріали для роботи в екстремальних умовах -6: 28 міжнар. конф. Київ, НТУУ «КПІ», ІФФ, 2016. С. 374—380. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20392>.
17. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник — Львів: УАД, 2006. – 336 с.
18. Карвацький А.Я. Механіка суцільних середовищ : навч. посіб. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 292 с.
19. Ansys simulation Driven Product Development // Режим доступа: <http://www.ansys.com>.
20. Ансеров М.А.Приспособления для метало­ре­жу­щих стан­ков. Изд-е 4-е, исправл. и доп./ Под редакцией Н.Г.Гутнера. – Л., «Машиностроение» (Ленинг. Отд-ние), 1975 – 656 с.

					ЛП61(1).012116.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., Єфименко Є.А.. "Дослідження напружено-деформованого стану обертового теплового агрегату". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2018. N 1. С. 65-72. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143382](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143382)

22. Карвацький А.Я., Мікульонок І.О., Борщик С.О., Караулова В.О. "Моделювання механічних властивостей армованих полімерних матеріалів пакувального призначення". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2018. N 1. С. 24-32. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143371](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143371).

23. Панов Є.М., Боженко М. Ф., Даниленко С. В., Навоженко Н. П. "Температурно-теплові показники газополуменевого обпалення алюмінієвих електролізерів". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2016. N 1. С. 40-45. DOI : [10.20535/2306-1626.1.2016.77903](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2016.77903)

					ЛП61(1).012116.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додатки

[illegible]

Форма т	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Замітки
				<u>Документація</u>		
A1			ЛП61(1).012113.001-70ВЗ	Вигляд загальний	1	
				<u>Деталі</u>		
		1		Вертикальний вал	1	
		2		Відцентровий вентилятор	1	
		3		Горизонтальний патрубок	1	
		4		Електродвигун	4	
		5		Завантажувальний бункер	1	
		6		Камера змішування	1	
		8		Кільцевий колектор	1	
		9		Клапан надлишкового тиску	1	
		10		Корпус рознімний	2	
		11		Корпус – стакан	1	
		12		Маятник	1	
		13		Муфта	1	
		14		Редуктор	1	
		15		Розмельне кільце	1	
		16		Ролик	1	
		17		Сепаратор рознімний	1	
		18		Сопло	1	
		19		Стакан внутрішній	1	
		20		Трубопровід	1	
		23		Хрестовина	1	
				ЛП-61(1).01215.003-70СП		
Зм	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Савенок	0ab			Літ	Аркуш
Перев.	Карвацький					Аркушів
Керів.						1
Н.конт						1
Затв.	Гондлях				КПІ ім. Ізоря Сікорського	
Млин маятниковий з модернізацією вузла ролика						



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Замітки
A2			<u>ЛП61(1).012112.002-70СК</u>	Складальне креслення	1	
				<u>Документація</u>		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Вал	1	
		2		Маятник	4	
		3		Ролик	4	
		4		Розмельне кільце	1	
		5		Хрестовина	1	
		6		Муфта	1	
		7		Лопатки	2	
		8		Балка	4	
		9		Хрестовина	1	
		10		Палець	4	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		11		Гвинт М16х120 ГОСТ 11738-84		
		12		Болт М20-6g x 260 (S30) ГОСТ 7798-70	4	
		13		Гайка М20-6Н.5 (S30) ГОСТ 5915-70	4	

Зм	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Савенок В		
Перев.				
Керів.		Карвацький		
Н.конт				
Затв.		Гондляр		

**ЛП51(2).013112.002-70СП**

Розмельний вузол з модернізацією вузла ролика

Лім	Аркуш	Аркушів
	3	5

КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Модернізація вузла ролика маятникового млина**

Савенок В.В., студ.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Запропоновано удосконалену конструкцію вузла ролика маятникового млина, що забезпечує підвищення терміну його експлуатації та надає можливість багаторазового відновлювального ремонту за рахунок використання керамічних вкладишів з підвищеною твердістю та зносостійкістю, розміщених в металевих вставках, які монтуються на робочій поверхні ролика під кутом  $0-45^\circ$  до осі його обертання та можуть бути замінені на нові під час проведення ремонту обладнання.*

Під час роботи маятникового млина основне механічне навантаження припадає на розмельні ролики, які призначені для помелу матеріалів з високою абразивністю. Це у свою чергу призводить до швидкого зношення поверхні роликів млина. Відомо, що від міцності та зносостійкості матеріалу ролика залежить тривалість експлуатації розмельного вузла в цілому. Тому з метою підвищення терміну служби ролика, а, відповідно, й зменшення витрат на експлуатацію та обслуговування маятникового млина, запропоновано модернізацію вузла ролика за патентом № RU2673191C2 [1].

Удосконалення ролика за патентом [1] полягає в тому, що ролик містить додаткові вставки 2 з чавуну з високим вмістом хрому з пазами для установки керамічних вкладишів 3, які вмонтовані в металеву матрицю ролика 1, що виготовлена зі сталі або ковкого чавуну. Вставки розташовані по всій довжині робочої поверхні ролика. Наявність керамічних вкладишів 3 додатково підвищує твердість та міцність поверхні розмельного ролика. У проміжках між двома вставками знаходиться зв'язуючий елемент 4, що покращує фіксацію вставок в матриці 1. Наявність зв'язуючого елемента дає змогу мінімізувати ширину щілин між вставками ролика.

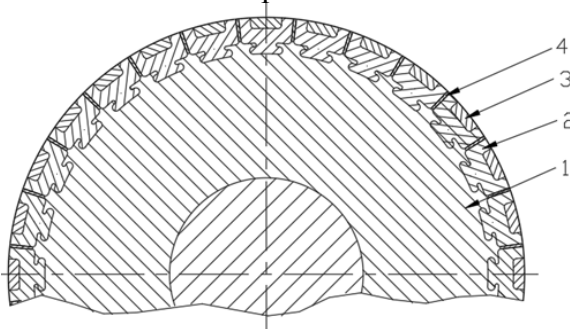


Рис. 1. Модернізований ролик маятникового млина [1].

**Висновки**

Використання запропонованої конструкції ролика дає змогу значно підвищити зносостійкість поверхні ролика і, відповідно, строк його служби, і таким чином підвищити техніко-економічні показники експлуатації маятникового млина.

**Література**

1. Пат. 2673191 Российская Федерация, МПК(2006.01) B02C 4/30 Измельчающий ролик, содержащий вставки повышенной массивности / Норбер ГЕРАР (BE), Эрик ЛЕЖЁН (BE) ; патентообладатель Маготто Интернасьональ С.А. (BE). № 2016142139 ; заявл. 16.04.2015 ; опубл. : 22.11.2018, Бюл. № 33 ; приоритет 23.03.2014, № 2014/0287 (BE).